JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	料理レシピ文に含まれる動作表現からの調理アニメーション生成に関する研究
Author(s)	大川，寛志
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1908
Rights	
Description	Supervisor:白井　清昭，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

料理レシピ文に含まれる動作表現からの調理アニメーション生成に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科　情報処理学専攻

大川 寛志

2005 年 3 月

修 士 論 文

料理レシピ文に含まれる動作表現からの調理アニメーション生成に関する研究

指導教官　白井 清昭 助教授

審査委員主査　白井 清昭 助教授
審査委員　島津　明　教授
審査委員　東条　敏　教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科　情報処理学専攻

310017 大川 寛志

提出年月: 2005 年 2 月

Copyright © 2005 by Ookawa Hiroshi

概 要

本研究では，料理レシピ文の動作表現を入力とし，それを再現するアニメーションを提示することで，調理に不慣れなユーザの料理専門用語の理解を支援する調理動作教示システムの構築を目指す．料理レシピからアニメーションを生成する研究は Karlin や植松らによるものがあるが，これらの研究は料理レシピ中の表現の何割がアニメーションに変換できるのかというスケーラビリティの問題については言及していない．本研究では，料理レシピ中の動作表現に着目し，個々の動作表現に対してアニメーションを生成するシステムの構築を目指した．特に，料理レシピに現れうる様々な動作表現を取り扱うことのできる，比較的規模の大きいシステムの構築を目的とする．

調理アニメーション生成システムの構築にあたってまず必要となるのは，料理レシピ中に出現する動作表現を適切なアニメーションに変換するための知識である．本研究では，動作表現をアニメーションに変換するための知識として料理動作辞書を構築する．料理動作辞書は，料理における基本的な動作の集合であり，各動作についてアニメーション生成に必要な知識が記述されている．アニメーションを生成する際には，入力された動作表現に対し適切な料理動作辞書のエントリ（基本動作）を 1 つ選択し，アニメーションを生成する．

料理動作辞書を構築するために，まず，市販されている料理の教示本に紹介されている調理動作を辞書に記述する基本動作として定義した．その結果，265 の基本動作が辞書に登録された．この 265 の基本動作について，これらが実際に料理レシピに現れる料理動作をどの程度包含するかを調べるための評価実験を行った．その結果，料理レシピ中のアニメーション生成対象となる動作表現の約 42%は今回構築した料理動作辞書に含まれない，いわゆる “未知の動作” となることが判った．したがって，料理教示本から収集した調理動作だけでは料理レシピに出現する動作表現をカバーするには不十分であり，料理レシピ中の動作表現の多くはアニメーションを生成することができない．このような辞書に含まれない動作表現を分析すると,「切る」「入れる」などの一般的な動詞が多いことが判った．このような一般的な動詞は料理レシピに頻出する重要な動作表現であるが，料理教示本に敢えて説明されることは少ないため，動作辞書に含まれなかった．したがって，料理レシピコーパスに頻出する動詞を基本動作として追加することで，この問題の解決を図った．その結果，基本動作は 32 増え 297 となった．基本動作追加後の料理動作辞書の評価実験を行い，料理レシピ中のアニメーション生成対象となる動作表現の 92.6%が動作辞書の基本動作に対応することがわかった．このことから，構築した動作辞書は料理レシピに出現する多くの動作表現を含むことが明らかになった．

次に，料理レシピから入力された動作表現に対し，料理動作辞書中の適切な基本動作を探索し抽出するモジュールである照合部を構築した．この照合部で選ばれた基本動作からアニメーションが生成されるため，照合部はレシピの動作表現とアニメーションを結びつける重要な役割を果たす．しかし，料理レシピの動作表現は様々な表層表現を持っている

ため，基本動作の表層表現との単純な比較だけでは，適切な基本動作を選択できないことが多い．実際，料理レシピの動作表現の約半数が辞書に記載されている基本動作の表層表現とは異なる言語表現で表されている．したがって，レシピと辞書の表層表現の差異を分析し，その分析に基づいた柔軟な照合を行った．そして，照合部が適切な基本動作を選択する割合を調べる評価実験を行った．その結果，約 87%の動作表現については，選択した基本動作の中に適切なものが含まれていた．また，約 63%については適切な基本動作のみを選択できた．

次に，照合部で選択された基本動作を基にアニメーションの生成を行う．辞書中の 80 の基本動作にアニメーションの具体的な動き (動作プラン) を記述した．また，動作プランを解釈し，アニメーションを生成する「アニメーション生成部」の実装を行い，動作プランを記述した 80 の基本動作については適切なアニメーションを生成できることを確認した．

今後の課題として，全ての基本動作に対して動作プランを記述すること，照合部における動作表現の照合アルゴリズムの改良，そして各モジュールを統合し，調理アニメーション生成システムを完成させることなどが挙げられる．

目 次

第 1 章　はじめに **1**
1.1　研究の背景 1
1.2　研究の目的 3
1.3　本論文の構成 3

第 2 章　関連研究 **5**
2.1　料理レシピ文の解析に関連する研究 5
2.2　料理アニメーション生成についての関連研究 6
2.3　レシピを対象とした研究 7

第 3 章　提案システムの概要 **9**
3.1　概要 9
3.2　料理動作辞書照合部 9
3.2.1　料理動作辞書概要 11
3.2.2　動作辞書にはない料理動作表現への対応 12
3.3　アニメーション生成部 13

第 4 章　料理動作辞書の構築 **14**
4.1　料理動作辞書の仕様 14
4.2　基本動作の定義 16
4.2.1　内省による基本動作の定義 16
4.2.2　料理教示本を利用した基本動作の定義 19
4.3　料理動作辞書の構築 20
4.3.1　基本動作の収集 20
4.3.2　料理動作辞書評価のための予備実験 21
4.3.3　基本動作の追加・修正 25
4.3.4　基本動作追加後の評価実験 27
4.3.5　基本動作の属性の記述 29

第 5 章　照合部の構築 **31**
5.1　照合部構築のための料理レシピの分析 31

5.1.1 概要 31
5.1.2 辞書中の表層表現と一致しない動作表現 32
5.2 照合部の構成 34
5.2.1 アニメーション対象候補の抽出 35
5.2.2 アニメーション対象候補が複数ある場合の絞り込み 35
5.3 基本動作候補の抽出 36
5.3.1 抽出手法 36
5.3.2 等価表現の収集 38
5.4 基本動作候補の絞り込み 38
5.5 照合部評価の予備実験 41

第 6 章 アニメーション生成部 44
6.1 動作プラン 44
6.1.1 動作プランの仕様 44
6.1.2 動作プリミティブ 47
6.1.3 材料サイズの抽象化 49
6.2 アニメーション生成部の構築 50

第 7 章 おわりに 57
7.1 本研究のまとめ 57
7.2 今後の課題 58

付 録 A 定義した基本動作 65
A.1 料理教示本から定義した基本動作 65
A.2 料理レシピ中の高頻度動作から収集した追加基本動作 68

図 目 次

1.1 料理レシピの例 “アスパラガスとイカの炒めもの” 2

3.1 提案システムの処理の流れ 10
3.2 複数の動作に対応する動詞の例 10
3.3 動作辞書内の記載情報 (“やっこ切りにする” の例) 11

4.1 基本動作の記述例 15
4.2 料理教示本の例 20

5.1 基本動作候補の抽出 37
5.2 照合部 40

6.1 基本動作の動作プラン (基本動作:斜めせん切りにする，抜粋) 45
6.2 基本動作と動作プリミティブの関係 49
6.3 形状分類の例 (ニンジン) 51
6.4 基本動作「みじん切りニする (タマネギ)」のアニメーション 53
6.5 基本動作「４等分ニする (キャベツ)」のアニメーション 54
6.6 基本動作「みじん切りニする (タマネギ)」の辞書記述内容 55
6.7 基本動作「４等分ニする (キャベツ)」の辞書記述内容 56

表 目 次

3.1 料理動作辞書概略 (一部分) 11
3.2 動作プリミティブの例 12

4.1 定義した基本動作に基づく料理動作辞書（抜粋） 21
4.2 抽出した動作表現の分類例 24
4.3 基本動作の評価実験結果 25
4.4 基本動作に含まれない動作表現 (表 4.3(b)) の出現回数 (抜粋) 26
4.5 基本動作追加後の評価実験結果 28
4.6 基本動作追加後の評価実験結果 (オープンテスト) 29

5.1 照合部の評価 42
5.2 照合部の評価 (等価表現との照合は行わない場合) 43

第1章　はじめに

1.1　研究の背景

取扱説明書やソフトウェアのヘルプ機能などは，一般にテキスト情報を中心として全体の流れや細かな操作方法を記している．ユーザはそのテキスト情報から必要となる作業を理解することで実際の作業を進める．

“料理レシピ” も同様に料理を作る上で参考となる料理手順を示したテキスト情報である．過去に経験のない料理を作る際，一般に料理教示書籍や料理紹介サイトなどに掲載された図 1.1[1]のような料理レシピを用いる．料理レシピには一般に以下の特徴がある．

- 調理手順が端的な表現で記述されており用語や切り方を理解していれば，あまり迷うことなく料理を作ることができる．
- (1)，(2)· · · のように工程順に記述されているため，全体の流れが理解し易い．

一方で以下のような特徴もある．

- 料理レシピには料理専門用語が数多く現れ，それぞれの料理用語に対し詳細な作業手順をレシピ中に示すことは少ない．
- 完成した料理画像を載せることは多いが，作業工程ごとに調理の説明のための画像を示すことは少ない．

このように，料理初心者にとって料理レシピのようなテキスト情報を中心とした手順の説明では情報量が比較的少ないため，作業内容が想像できず作業の手順が十分に伝わらない場合がある．特に料理分野のような経験を要する作業を行う場合，専門的な技術や用語が漠然と記されるだけでは，料理の初心者にとっては一見しただけで作業の流れや具体的な動作を想像することは難しい．

そのためにはレシピを直感的に理解できる工夫が必要となる．本研究ではテキスト情報である料理レシピを対象とし，図や映像などによる視覚情報を料理レシピに付加することを考える．視覚情報を加えることは，全体の流れや料理専門用語の動きなどを目で確認することで直感的に理解可能となるため，経験の不足を補うことができる手段として有用である．

料理レシピには，作業中の動きをピックアップした写真や図版が添えられることがあ

[1]http://www.nipg.co.jp/calendar/04apr/00895.html

る．このような静止写真等が料理レシピに付加された場合，テキスト情報のみに比べ作業者の参考となり理解が深まり易い．しかし，例えば「アジは三枚におろす」とレシピ中に記載されていた場合，どのような作業を行えば三枚におろすことができるのか写真を一見しただけでは理解し難い．特にレシピ中では，個々の料理専門用語に対しての具体的な作業説明が記されることは少ないため，このようなタスクにおいては静止画より動画を示すことによって効果的に教示することができると考えられる．したがって，本研究では料理レシピに付加する情報として，レシピを解析し生成したコンピュータアニメーションを作業者に提示することで，料理レシピのテキスト情報に加えて具体的な動きを視覚情報として与え，人間の文章理解を支援するシステムを構築することを目的とする．

料理は生活に必要となる身近な行為のひとつであるため，初心者・経験者を問わず大多数の人にとって身につける必要性が高い．しかし前述の通り，料理を作るために用いる料理レシピには一般には馴染みのない料理専門用語が多く記載されている．また，調理中は時間の経過と共に材料の状態も刻々と変化するため，レシピに沿って作業を進めるためにはレシピの内容を理解し手際良く調理を行う必要がある．このような理由から，初心者に対してレシピの理解を支援するシステムは必要性が高く需要が見込まれると考えられる．

図 1.1: 料理レシピの例　“アスパラガスとイカの炒めもの”

1.2 研究の目的

本研究では，料理レシピとレシピの視覚化情報をユーザに提示するために，レシピ文[2]から解釈した調理アニメーションを生成することを考える．

本研究の先行研究 [9, 24] では，レシピに記載された手順を解釈しアニメーションに必要となる動詞の修飾語を解析することによってアニメーションを生成する手法の提案を行っている．しかし，料理レシピ文中に用いられる要素は動作や材料，数量を示すもの，また “ある程度”，“煮立つまで” など省略や照応，副詞句への対応が必要となる要素があり，さらに各要素が数多くの表現を有するため，全てに対応することは容易ではない．また料理レシピ文中には様々な表現により説明が行われている．例えば，同じ作業を示す動作表現であっても，文の流れから言い換えが行われたり，書き手が異なると作業の表現も大きく異なることがある．従って，あらゆる表現について個別に処理を行うことは料理レシピの多様さから見ても難しく，想定しない表現を含む料理レシピ文が入力とされた場合，システムは対応することができない．ところが，先行研究ではどの程度の量の表現に対応できるかというスケーラビリティの問題については言及されていない．

本研究では，料理レシピに含まれる動作表現に着目し，動作表現をアニメーションに変換することで料理用語が示す具体的な動きを料理初心者に示すことを目的とする．レシピをユーザに提示し，例えば「ゴボウは ささがきにする」という表現がレシピ中に現れ,「ささがきにする」の作業方法を知らない場合，ユーザがマウスなどでクリックすれば「ささがきにする」に対応したアニメーションが表示するシステムの構築を目指す．したがって，料理レシピの一連の流れ全体をアニメーションで示すことは目標とせず，まず料理レシピ中の料理専門用語の中でユーザが作業手順が知らない用語をユーザ自身が指定し，それをアニメーションにより示すことで料理用語の教示を行うことを想定する．この際，限られた動作表現だけではなく，多種多様な料理動作表現に対してアニメーションを生成することを目指す．そのためには，種々様々な表層表現を持つ料理レシピ中の動作表現と，適切なアニメーションを効率よく結び付ける必要がある．

「タマネギはみじん切りにします」のように，レシピ文書中において料理用語 (この例では「みじん切りにする」) の具体的な動きが説明されることは少ない．料理経験の浅い人にとって，例えば「みじん切りにする」が具体的にどのような動きをするのかを知ることはレシピを理解する上で大きな意味を持つため，このような料理用語のアニメーションによる教示は料理を行う上での大きな手助けとなると考える．

1.3 本論文の構成

本論文では以上の背景ならびに目的から，料理レシピに含まれる動作表現から調理アニメーションを生成するシステムの構築手法を提案する．

[2]ここで指す「料理レシピ文」とは調理手順を示した箇所を指す．料理名，材料の分量などは対象としない．

本論文では，まず第 2 章で料理分野を扱った関連研究，またテキストからの視覚化に関する関連研究について紹介する．

第 3 章では，本研究で目標とするシステムの概要を述べる．

第 4 章では，レシピ中に出現する動作がどのアニメーションと結びつくかを知るために必要となる知識が記述された “料理動作辞書” について，概要，構築手法，そして評価実験について述べる．

第 5 章では，料理レシピの入力動作表現と料理動作辞書を照合しアニメーションと結びつける “照合部” について，概要，構築手法，評価実験の結果を述べる．

第 6 章では，動作辞書にて対応付けられた結果から，アニメーション生成を行うための “アニメーション生成部” について説明する．

最後に，第 7 章では本研究のまとめと問題点ならびに今後の課題について述べる．

第2章　関連研究

本章では本論文に関連のある研究について紹介する．

2.1　料理レシピ文の解析に関連する研究

まず料理レシピ文の解析についての関連研究について紹介する．ここで言う「料理レシピ文」とは調理手順を示した箇所を指す．料理レシピは基本的には時系列に沿って書かれているが，例えば「煮立てている最中に調味料を混ぜ合わせる」のように2つの作業を平行して行うことや,「先ほど切ったものと混ぜてください」のようにどの材料に対する作業を表すのかが不明確な場合も多い．したがって，単純な機械処理では手順の構造が判らない点から，この問題を解決するために料理レシピ文の解析を行い手順の構造化を行う研究などが行われている．

浜田らは料理映像と教材のテキスト情報（料理レシピ）との対応付けについてテキスト解析部に焦点を当て，調理手順の構造解析手法について提案している [4]．その中で料理手順の解析に不可欠な料理辞書の構築を行っている．ここでの辞書は「塩，こしょう：調味料」といった語彙の属性分類や「皮ーむく」「水気ーきる」のような共起する語のパターン抽出等により構築が行われている．そして構築した辞書を利用したレシピ文章の構造解析手法を提案した．

西田 [15]，柴田 [17] らは料理番組の映像とその教示発話の構造化を行うにあたり，料理についての格フレーム辞書の自動構築に料理レシピを利用し，その結果から教示発話の照応・省略解析を行った．

安達はレシピの料理名において「A の B」形式で記載されているものに注目し，２つの共通する料理名を持つ料理間には材料と調理手順に共通性があるという仮説に基づき，レシピ間に共通する材料や手順を抽出することで一般化した料理レシピを自動的に類推する手法を提案した [1]．

また高野らは料理のシミュレートを目指した “Cooking Scenario” と呼ばれる，レシピをシナリオ化するための料理レシピの構造化手法について提案を行った [22]．この手法では，料理レシピからテキストに明示されていない情報の補完，時間経過に伴う材料変化の表現，機械による実行が可能な形式での生成という３点の特徴に基づき，半構造化文章の構造抽出，構造解析や意味付け，補完を行い，構造化を図った．また Cooking Scenario は料理名，材料部，工程部から成り，工程部は７つの作業単位を “Cooking Schema” と呼ぶテンプレートを用いて記述する．“Do” は動作内容を示し，例えば「切る」などが該当す

る．“A” は取扱う材料であり，例として「卵」や「塩」がある．“How” は「少し固めに」といった修飾語を示す．“B” は調理場所 (ex:コンロ，調理台)，“C” は調理器具 (ex:まな板，ボウル)，D:調理道具 (ex:包丁，箸) をそれぞれ示す．そして “E” は時間や条件などを示す要素であり「色づいたら」や「３分」が該当する．それらの要素に基づき，“Cooking Schema” は以下のように記述される．

$$Do\ A\ How\ B\ in/on\ C\ with\ D\ for\ E.$$

この “Cooking Schema” を複数回繰り返すことで工程部は構成されているとした．

以上挙げた料理レシピ文の解析に関する研究は，料理レシピの流れ全体をアニメーション化するためには必要となる解析である．しかし，本研究では料理レシピ全体の流れを見せることは目標とはしていない．

2.2 料理アニメーション生成についての関連研究

本研究の直接的な先行研究となる料理アニメーション生成に関する関連研究について以下に紹介する．

Karlin は料理タスクを解析しアニメーション生成を行うシステム “SEAFACT(Semantic Analysis For the Animation of Cooking Tasks)” の構築した [9]．料理レシピ文という省略を多く含む限られた情報の中からアニメーションを生成するために，料理動作のアスペクト分類，ならびに動詞の修飾語に着目する手法を提案した．まず 9 冊の料理本から 110 の文を実験データとして解析し，Moens ら [14] の提案した「processes（プロセス）」,「culminations（最高点）」,「culminated processes（最高点到達プロセス）」,「points（ポイント）」のアスペクト (事象の時間的側面) 分類を解析結果に適用することで，料理レシピ文中の動作がどのような時間的構造を持っているか確認を行った．その結果，料理分野においては大半の料理動作は作業が同じ状態で継続 (processes) し，かつ作業は有限状態であるため状態変化が起きる作業完了点 (culminations) を持つことから “culminated processes” であると述べ「クリームをかき混ぜる」などがそれに当たるとした．一方,「かき混ぜる」のような “processes” は完了点を持たない動詞であり，多くの料理動作は「３分ほど かき混ぜる」のような副詞句を伴って出現する “culminated processes” であるため，“processes” に分類された入力動詞は生成システムにおいては無効であると論じた．

このアスペクトクラスの分類については，林らは Karlin[9] によるアスペクト分類に基づき日本語の料理レシピに適用した時の問題を論じている [5, 6, 7]．その中で “processes” についての差や問題点，また料理レシピ中に動作の完了を示す語があり，それは４つのアスペクトには分類することができない問題を示した．その問題を解決するために日本語の料理分野の文章を分析し，東条 [23] による分類である「完成相」,「達成相」,「進行相」,「完了相」の４つのアスペクトクラスに分類した．また完成相と完了相を細分化することによって前後ならびに平行関係を導き出すことが可能になったと論じた．そして，レシピ文において省略された事象について特徴を分析し，その結果を用い料理レシピ文において

の時間的関係構造を構築する手法を提案している．

一方，Karlin は動詞の修飾語に着目し，アニメーション生成の構築を前提とした意味解析も行っている．その中で「“時々” 動かしながら」の “時々” のような繰り返しを意味する時間副詞がどの程度の間隔での作業の発生を意味するかについて論じている．Karlin は「時々」が全体の 25 %,「しばしば」が 5 %の間隔毎に作業が発生することを意味するが，各表現にはそれぞれ最小限の間隔が有るとした．次にオブジェクトが複数ある際のレシピ文について述べており，この中でオブジェクトの物理的属性に依存し,「既知の事実」の場合は調理器具や作業手法は明記されず省略が行われることを例とともに示した．また動作の持続についても論じており，複数の動作がある場合は 1 つは持続する動詞であること，状態変化による持続については多くの場合持続の終了点に対する情報が無い点について述べられており，一方で「素早く」といった速さの特徴を示す動詞の修飾語の場合は，アスペクト分類 “processes” は作業の一部が短縮され，一方 “culminated processes”, “culminations” に分類されるものは作業全体が短縮されるとした．

同様に料理レシピ文からの調理アニメーション生成の研究として植松らの研究がある [24, 25, 26]．植松らは料理レシピをアニメーション化するために「言語情報から抽出するべき情報」「言語情報に加えて補完するべき情報」「画像データの必要量」の 3 点の情報を明確にするべき必要があるとし，この点を踏まえた上で料理レシピの分析を行っている．具体的には，アニメーションとして示すべき画像要素の特定（材料・調理動作・調理器具・調理場所），ならびに調理動作を明確にするための調理動作の「終点」に着目した分類・動作を修飾する副詞句の分類・画像出力時のための連続した調理動作の分類を行った．また，調理する材料の状態変化や内部構造についても言及している．そして上記の分析を基に調理アニメーション生成システムの構築も行った．

2.3 レシピを対象とした研究

以下にレシピを対象とした近年の研究について紹介する．近年では料理映像を利用した研究が盛んに行われている．

三浦らはテレビ番組の自動要約として料理番組を用い，料理映像特有の必要情報を特定し自動要約生成を行っている [12, 13]．その結果，要約された映像は要約前の映像に比べ 1/8〜1/12 の時間に短縮され，一方調理手順の内容は十分に保つことができたと論じた．

柴田らは大量にある映像からユーザが必要とする映像箇所の検索を可能とするシステムを構築するための料理教示発話の構造解析について論じている [18, 19]．高精度な構造解析を行うために料理教示発話の言語解析に加え，映像情報の構造の分析結果を利用し，それらを統合する手法を提案し，結果その有効性が認められると論じた．そして料理映像検索システムの構築を行っている．

料理レシピを対象とはしていないが，キッチンにコンピュータを取り入れることで，キッチンを調理支援や調理手法会得の場，コミュニケーションスペースとして活用しようとする研究も行われている．椎尾らはキッチンにカメラやディスプレイなどの機器を組み込んだキッチン環境を構築し，調理支援や遠隔地とのテレビ電話で用いたコミュニケーションなどを行う試みについて述べている [20]．その中で，調理の支援を行うためにまず教示者が実際にカレーライスを作り，その過程を静止画や音声として記録した．そして調理経験が殆どない被験者に教示者が記録した情報を閲覧しながら作業を行わせる評価実験を行っている．その結果，静止画の不鮮明さによるわかりにくさ，調理時間に対する情報が与えられないという問題があるものの，概ね問題なく被験者は調理を完了することができたと論じている．

また料理アニメーション生成に参考となるモデリング技術のうち，特に本研究と関連の深い研究について以下に紹介する．大和田らは動的な三次元物体の内部構造のモデリングを行うためのユーザインターフェイスならびにデータ構造を提案している [16]．これはユーザが物体の切断面を指定すると，テクスチャシンセンス技術を用いて適切な切断面を表示を行う．データ量の多い完全なボリュームデータを保持することなく，二次元画像と三次元のマッピング関数によって，数十〜数百分の一程度のデータ量での断面画像生成が可能であると論じている．料理分野においては様々な切り方や材料が存在するため，切断面の画像をその度に用意していたのでは無理がある．この技術によって限られたデータ量から様々な切断面に対応でき，料理アニメーションの再現性が増すと考えられる．

第3章　提案システムの概要

本研究では，料理レシピに出現する様々な料理動作表現に対応可能な調理アニメーション生成システムを構築する．レシピ中の動作表現に注目し，多種多様な表層表現を持つ動作に対応するための大規模な料理動作辞書の構築，ならびにアニメーション生成部の構築を中心に，提案システムの概要を述べる．

3.1　概要

図 3.1 は提案システムの入力から出力までの流れを示している．レシピ中に出現した動作表現を入力とし，アニメーションとの対応付けを行うために，照合部では，レシピ文中の動作表現と料理の基本的な動作を集めた料理動作辞書との照合を行う．照合後，照合結果として動作プランが生成される．この動作プランはアニメーション生成のための基となる知識である．照合部にて生成された動作プランを基にアニメーションファイルを生成し，レシピ中の動作を表現したアニメーションとしてユーザに提示する．ユーザインターフェイスの概要は以下の通りである．ブラウザなどに料理動作表現にアンカー付けを行った料理レシピを表示する．ユーザは理解できない料理動作表現に付いているアンカーをクリックする．システムはその料理動作表現をアニメーションにて生成し，ユーザはそれを閲覧できる．

3.2　料理動作辞書照合部

入力された料理動作表現から適切なアニメーションを出力するためには，照合用の大規模な料理動作辞書を構築する必要がある．しかし，料理レシピにある料理動作表現は多様であるために，あらゆる表現の全てを事前に記述することは難しい．また動詞によっては出力するアニメーションが一意に決まらないことがあり，必ずしも動詞と出力する調理アニメーションが 1:1 の関係になるとは限らない．例として「かける」を挙げる．図 3.2 のように状況が変わると全く異なるアニメーションを出力させる必要がある．したがって，単純に動詞とアニメーションの対応関係を記述すれば良いわけではない．

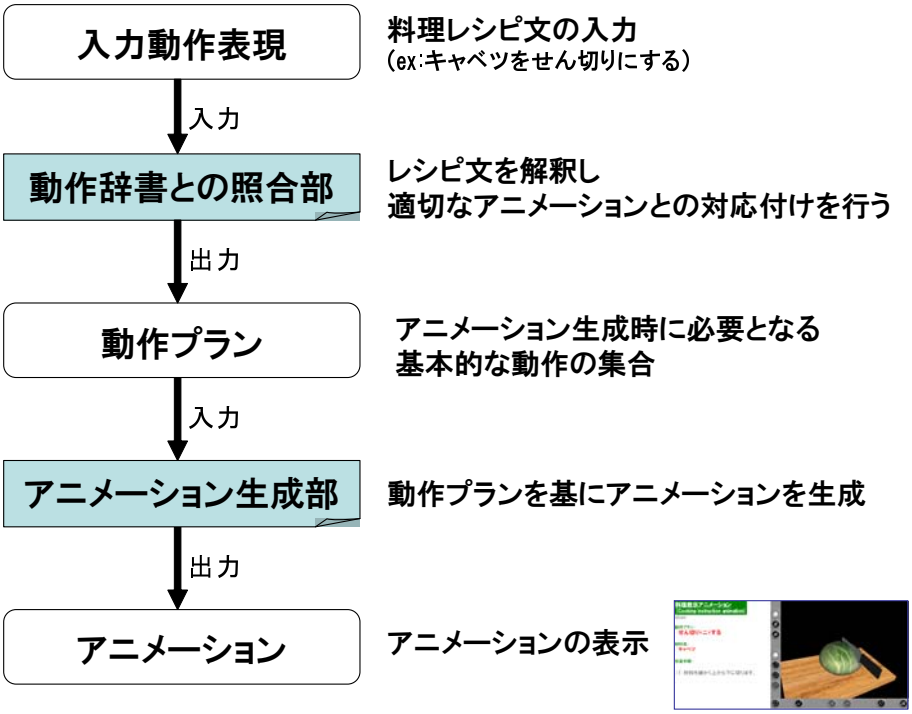


図 3.1: 提案システムの処理の流れ

かける		
「醤油をかける」	→	入れる
「レンジにかける」	→	レンジ使用
「強火にかける」	→	加熱する
「布巾をかける」	→	被せる

図 3.2: 複数の動作に対応する動詞の例

3.2.1 料理動作辞書概要

表3.1は料理動作辞書の概略である．料理動作辞書には，料理の基本的な動作表現（例：「炒める」「せん切りにする」等）を集め，１つのエントリを“基本動作”とする．それぞれの基本動作には表層表現，材料などのパラメタ，動作プランといったアニメーション生成に必要な知識が記述されており，入力動作表現と基本動作が一致した場合，料理動作辞書に記載された知識に基いてアニメーション生成部がアニメーションの生成を行う．

表 3.1: 料理動作辞書概略 (一部分)

基本動作	パラメタ	動作プラン
三枚ニおろす	あじ	Step1(水平切り,1),step2(回転,90),···
こす	さつまいも	Step1(引きながら押しつける)
千六本ニする	大根	Step1(切る,4),step2(切る,20),···
あえる		Step1(入れる),step2(混ぜる)
いる		Step1(前後に振る)
４つ割りニする	キャベツ, レタス,···	Step1(切る,1), step2(回転),step3(切る,1)
せん切りニする	きゅうり, にんじん,···	Step1(斜め切り,30),step2(切る,30)
せん切りニする	ウド, セロリ,···	Step1(切る,5),step2(切る,10),···
⋮	⋮	⋮

基本動作［やっこ切りにする:1］		
パラメタ		$材料＝‘豆腐’/$場所＝‘手’
動作プラン	Step1	**切る**/$材料/包丁/$場所/5
	Step2	**回転**/$材料/90 度/$場所
	Step3	**切る**/$材料/包丁/$場所/5
	Step4	**水平切り**/$材料/包丁/$場所/5
格・格要素		ハ:豆腐 ヲ:豆腐
言い換え表現		φ

図 3.3: 動作辞書内に記載する情報　(“やっこ切りにする” の例)

例として，動作辞書内の基本動作「やっこ切りにする」の詳細な記述を図3.3に示す．“パラメタ”には材料や場所などの初期値が予め指定されている．材料などはレシピによっ

て変わるため，他の材料が呼び出された場合はこの値が変更される．“動作プラン” とは，基本動作をアニメーションで表現するために必要な動きの集合であり，この個々の動きを “動作プリミティブ” と呼ぶ．動作プランは時系列にステップごとに記載されており，それぞれのステップには，動作プリミティブの他，切る回数や調理器具，座標位置などが記載されている．また，動作プリミティブによって必要となる引数が異なる．動作プリミティブは，アニメーションを生成する動きの最小単位であり，アニメーション動作ファイルと 1:1 の関係を持つ．図 3.3 の例では「切る」「回転」「水平切り」などが動作プリミティブ該当する．

その他，基本動作には表層表現の格の情報や等価表現なども記載し，アニメーションを生成する対象となる動作表現が該当する基本動作の推定に利用する (後述)．動作プリミティブの例を表 3.2 に示す．

表 3.2: 動作プリミティブの例

動作プリミティブ 例
切る，左斜め切り， 右斜め切り，入れる， 叩く，移動，回転...

以上を動作辞書の仕様とする．様々な動作表現に対応するために，より多くの基本動作を記載した大規模な辞書の構築を行う．

3.2.2 動作辞書にはない料理動作表現への対応

料理動作表現は多種多様であり，幅広い表現のある料理レシピにおいて全ての料理動作表現を基本動作辞書に定義することは難しい．様々な料理動作表現に対応するためには動作辞書に基本動作として記載されない表現でも該当するアニメーションが出力される必要性がある．例えば「湯を注ぐ」と「湯を入れる」の２つの動作表現はほぼ同じ動きであると考えられる．しかし，もし「入れる」が料理動作辞書に基本動作として記載されているが,「注ぐ」が記載されていない場合に，この表現は未知の料理動作表現として扱われる．このように基本動作として定義されていない表現でも，料理動作辞書の中に同じまたは類似する基本動作がある場合は，その基本動作のアニメーションを出力することが望ましい．

動作辞書の具体的な内容，また動作辞書の構築の手続きについては 4 章にて述べる．

3.3　アニメーション生成部

料理動作辞書との照合による結果，動作プリミティブの例である動作プランが出力される．アニメーション生成部では動作プリミティブを基に具体的な動きを連結することによりアニメーションを生成する．

まず，入力された動作プラン内に記述されている動作プリミティブを読み出す．例えば，前述の基本動作「やっこ切りにする」であれば，動作プランは図 3.3 のとおり，“切る”，“回転”，“切る”，“水平切り” の 4 つの動作プリミティブから成る．そして各動作プリミティブに対応した具体的な動きを示すライブラリファイルを呼び出し，各動作プリミティブに付随する要素 (例えば 1 回切るなど) を与えることで実際の動きを生成する．例えば動作プランに “切る,1 回,3 秒,···” とあれば，動作プリミティブ “切る” に対応するライブラリ “kiru” を呼び出し，3 秒間の時間の中で調理器具が 1 回上下する動きを作り出し出力する．それぞれの動作プリミティブから生成された「動き」は適切な形で連結され，基本動作の全体の動きを示す 1 つのアニメーションとして出力を行う．

アニメーション生成部では，動作プリミティブに記載された情報を取得する箇所と，実際に動きを生成する箇所は分離されている．したがって，アニメーション実装手段に依存するのは具体的な動きが記述されているライブラリのみであり，実装方法を変更する際はアニメーション生成部の中でもこの箇所を変更するだけで実現可能である．

アニメーション生成部の構築については 6 章にて述べる．

第4章　料理動作辞書の構築

本章では料理レシピ文の動作表現からアニメーションを生成するための料理動作辞書の構築について述べる．料理動作辞書とは料理の基本的な動作の集合であり，基本動作を１つのエントリとして構成される．基本動作には，料理レシピの動作表現と照合を取るための知識と，アニメーションを生成するために必要な知識を記述する．料理動作辞書の構築する際に注意すべき事は以下の通りである．

- １つの基本動作には，それぞれどのような知識が必要であるか
- 基本動作はどのように決定するのか，そしてどの程度の量が必要であるか

以下に料理動作辞書の構築手法ならびに評価について述べる．

4.1　料理動作辞書の仕様

１つの基本動作に記述する知識は大きく分けて２つある．基本動作を表す言語表現に関する知識と，その基本動作が持つ具体的な動きを定義するアニメーション化のための知識である．

図4.1は基本動作「小口切りにする」を例とした基本動作の記述内容である．この図4.1が基本動作の１つのエントリであり，この集合によって料理動作辞書は構成される．１つの基本動作は基本動作を表すラベル部と，タグにより具体的な値が記述された内容部で構成する．図4.1は１つの基本動作のエントリの例である．まず，ラベルについて説明する．

A:(基本動作名):(番号)
: 基本動作の名を表すラベル部であり，このラベルが基本動作のエントリの開始を表す．したがって，ラベルが照合などに用いられることはない．基本動作名は，基本的にはその動作を表す動詞である．ただし，動詞が「する」のときはあまりにも抽象的であるため，動詞の直前にある格と格要素をつなげた表現を基本動作とする．例えば「ぶつ切りニする」などが例に挙げられる．また，複数の基本動作の基本動作名が等しい場合も考えられる．このときは「番号」を変えることで違いを表す．すなわち，ラベルは基本動作に対してユニークに与えられるIDである．

一方，内容部ではタグによって記述される知識の種類を表す．内容部のそれぞれのタグについて以下に説明する．

A:小口切りニする:1
⟨expression⟩ 小口切り#コグチキリ+に#ニ+する#スル ⟨/expression⟩
⟨ingredient_in_book⟩ きゅうり#キュウリ, おくら#オクラ ⟨/ingredient_in_book⟩
⟨source⟩book⟨/source⟩
⟨paraphrasing⟩ 小切り#コキリ+に#ニ+する#スル ⟨/paraphrasing⟩
⟨plan⟩
  ⟨define⟩$zairyou_x='cucumber'⟨/define⟩
  ⟨step='1'⟩
    ⟨action⟩kiru⟨/action⟩
    ⟨zairyou⟩$zairyou_x⟨/zairyou⟩
    ⟨size⟩default⟨/size⟩
    ⟨rotation⟩⟨/size⟩
    ⟨count⟩5⟨/count⟩
    ⟨place⟩manaita⟨/place⟩
    ⟨utensils⟩knife⟨/utensils⟩
    ⟨time⟩5⟨/time⟩
  ⟨/step⟩
⟨/plan⟩

図 4.1: 基本動作の記述例

⟨**expression**⟩

⟨expression⟩ タグは基本動作の表層表現を表す．この表層表現が料理レシピからの入力動作表現の照合対象となる．照合時の便宜を図るために，基本動作の「表記」に加え「読み」についても，例えば「加える#くわえる」のように「表記#読み」の形式で記述した．また，格要素がある場合は「(格要素, 格):動詞」という形式で格要素と格も記述する．動詞「する」のときは直前にある格と格要素を「＋」で連結し,「みじん切り＋に＋する」のようにして１つの動詞として記述した．

⟨**ingredient_in_book**⟩

4.2.2 項で述べるように，基本動作は料理の本を基準に定義する．⟨ingredient_in_book⟩ タグは，基本動作を定義する際に用いた料理教示本で説明の際に用いられていた材料名を表す．直感的に言えば，同じ表層表現でも材料によって異なる動作をする場合，材料によって基本動作を区別している．図 4.1 の例ではキュウリ，オクラについて「小口切り」を行うことを示す．また，材料名には照合時の便宜を図るため ⟨expression⟩ タグと同様に「読み」も追加し「表記#読み」の形式で記述した．例えば，キュウリについて小口切りの説明が行われていた場合は，このタグ中には「きゅうり#キュ

ウリ」と記述される．ここでの材料名は料理の本で挙げられた代表的な材料であり，ここで挙げた材料のみがこの基本動作の対象となるわけではない．例えば「アジは３枚におろす」という基本動作があった際に，アジのみだけではなく他の魚にもこの基本動作を基にしてアニメーションで生成する．

⟨**source**⟩
⟨source⟩ タグは基本動作を定義する際に参照したリソースを示す．詳細は 4.3 節で後述する．

⟨**paraphrasing**⟩
⟨paraphrasing⟩ タグは基本動作の表層表現とは別の表現（等価表現）が要素として記述される．詳細は 4.3 節で後述するが，例えば「小口切りにする」の基本動作に対する等価表現として「小切りにする」が ⟨paraphrasing⟩ タグとして記述される．

⟨**plan**⟩
⟨plan⟩ タグは，動作プランと呼ばれるアニメーションを生成するための知識であり，動作プリミティブを示す ⟨action⟩ タグなどから成る．このタグは具体的なアニメーションの動きを示す情報を記述し，アニメーション生成時に使用する知識となる．したがって，入力動作表現と動作辞書の照合には用いられない．詳しくは 6 章で述べる．

それぞれの基本動作に対して以上の知識が記述され，料理レシピにおける動作表現に対応する基本動作の選択，ならびにアニメーションの生成に利用される．

4.2 基本動作の定義

料理動作辞書は，料理レシピ中の動作表現とアニメーションを結びつけるために，役割を果たす．しかし，料理レシピに現れる全ての動作表現を 1 つずつ基本動作として前節のような知識を与えることは不可能である．したがって，何を基本動作とするかを何らかの基準により定義する必要がある．本節では，料理動作辞書に記述される基本動作について，以下に示す 2 種類の定義を考えた．

4.2.1 内省による基本動作の定義

ここでは，基本動作は同じアニメーションで表現可能な動作の集合と定義した．そして，コーパスとなる料理レシピから動作表現を収集し，これらを内省によって同じアニメーションに対応付けられるものにまとめたものを基本動作とした．動作表現をまとめる際，以下の基準を用いた．

- 同じアニメーションで表現可能な動作表現は 1 つの基本動作とする．
  (ex:“煮る” と “煮込む”)

- 動作表現が異なった場合，出力アニメーションが同じ動きであるならば 1 つの基本動作とする．
  (ex:“(塩を) ふる” と “(塩を) かける”)

- 動詞が同じであっても作業内容によって動作が異なる料理動作表現は，それぞれ別の基本動作に分類する．
  (ex:“(塩を) かける” と “(火に) かける”)

同じアニメーションに対応付けられる動作表現を 1 つにまとめることで，料理レシピ中に出現する多様な動作表現のそれぞれに対し，その表現すべてに 1 つずつアニメーションを割り当てる必要がない．したがって，効率良くアニメーションへの変換が行えるという利点がある．また基本動作は動詞と 1:1 に対応しているわけではないため，先ほどの “(塩を) かける” と “(火に) かける” といった，動詞が同じでも作業内容により動作が異なる場合にも対応が可能である．

レシピから動作表現を抽出し，動作表現を上記の定義に基づいて料理動作辞書の基本動作として分類した．用意した料理レシピは，インターネットで公開されている料理レシピを集めたウェブサイト「ボブとアンジーのキッチン[1]」から無作為に取得した 1015 レシピである．そのレシピから料理名と調理手順を示した箇所を抽出し，形態素解析，構文解析を行った．形態素解析には日本語形態素解析システム “JUMAN”[8, 11][2]，構文解析には日本語構文解析システム “KNP”[10, 11][3]を使用した．解析結果から，調理表現を表す動作表現を抽出した．その結果，1015 レシピ中から異なり数 802，のべ 21686 の動作表現が抽出された．この 802 種類の動作表現を上記の定義に従って基本動作として分類を行う．ここではその全てを分類の対象とするのではなく，料理レシピ中に出現する動作表現の中で出現頻度の高い表現を分類対象とした．出現頻度の低い動作表現については動作辞書には記述はしないが，それらの表現も基本動作に自動的にマッピングすることでアニメーションを生成できるようにする．したがって，異なり数 802 の動作表現を出現頻度の高いものから順に見ていき，内省によって同じアニメーションに対応付けできるものは同じ基本動作としてまとめ，対応付けできないものは新たな基本動作として定義した．そして，新たな基本動作となる動作表現が殆ど現れなくなった時点でこの対応付け作業を終えた．結果，20 回未満の動作表現に対しては殆ど新しい基本動作が現れなくなったため，基本動作を定義する動作表現の頻度の閾値を 20 とした．

上記の操作によって，全体の異なり数 802，のべ 21686 の料理動作のうち，異なり数 151(全体の 18.8%) のべ 19270(同 88.9%) の料理動作を辞書に記述した．つまり，料理レシピに出現する約 2 割を料理動作辞書に用意すれば，動作表現全体の約 9 割を包含することができる．

動作辞書に登録する異なり数 151 の料理動作を同じアニメーションであると類推される

[1] http://www.bob-an.com/
[2] http://www.kc.t.u-tokyo.ac.jp/nl-resource/juman.html
[3] http://www.kc.t.u-tokyo.ac.jp/nl-resource/knp.html

料理動作ごとに分類した結果，基本動作の数は 61 となった．また，出現頻度 20 回未満である動作表現や，今回用いたレシピに 1 度も出現しなかった動作表現については，辞書中の基本動作に自動的にマッピングすることで対応付けることを考える．

内省による定義の問題点

上記で述べた基本動作の定義には以下のような問題がある．

- 同じ動作表現で材料が異なったときに，基本動作の分類はアニメーション生成部に依存する

例えば,「せん切りにする」と動作表現があったときに，その対象となる材料が “キュウリ” と “ウド” の 2 種類だったとする．“キュウリのせん切り” と “ウドのせん切り” を比較した際，キュウリでは 4cm の長さに切断し，縦薄切りにし，それを縦半分に切り，さらに線状に細かく切る．一方，ウドは 4 から 5cm の長さに切断し，皮をむいてから薄切りにしさらに線状に細かく切る.「皮をむく」という作業が異なるため，アニメーションの動きは異なり上記の定義では別の基本動作となる．一方，アニメーションの動きをもっと簡略化し，皮をむく作業はアニメーションでは示さないとすると，皮をむく作業がなくなり “キュウリのせん切り” と “ウドのせん切り” は同じ基本動作となる．このように，上記の定義ではアニメーションの表現方法で基本動作は大きく左右される．つまり基本動作の分類がアニメーション生成部に大きく依存してしまう問題点がある．

- 内省だけでは基本動作が適切であるか判断できない

上記の定義では，内省によって同じ基本動作になる動作表現の分類を行っている．しかし，実際にシステムを実装し，同じアニメーションによって表現できるかを確認するまでは，基本動作の分類が正しいかどうか厳密には判らない．また，上記のようにアニメーションによる表現の仕方や描画エンジンの処理能力などで，複数の動作表現が同じ基本動作であるかどうかの判断は変わる．

- コーパス依存の問題

本研究ではランダムに収集した 1015 の料理レシピから動作表現を抽出し基本動作を定義した．しかしながら，料理レシピ中に出現する動作表現は，材料，調理器具，作る料理によって大きく異なるため，定義した基本動作は収集した料理レシピに強く依存する．また，初心者が理解できない調理作業が料理レシピに出現する頻度と相関を持つとは言えず，上記のように定義した基本動作がアニメーションによる教示が必要な動作であるかはわからない．

このように，アニメーション生成部との依存性を排除し，基本動作の定義や料理動作辞書との照合部の汎用性を考慮するべきである．また，辞書に登録する基本動作がある程度教示に適切な動作であるか確認する必要もある．

4.2.2 料理教示本を利用した基本動作の定義

前項の内省による基本動作の定義は，多種多様な料理レシピに対して効率良く対応可能である反面，アニメーション生成部への依存性や，基本動作の定義が研究目的である教示に適した動作表現を包含しているかの考慮がされていないといった問題がある．これらの問題を解決する基本動作の，新たな定義について述べる．

基本動作を定義するにあたって，調理手法などを示した料理教示本 [2, 3, 21] を参照した．これらの本には，見出しとして料理動作名があり，加えて材料別の切り方や焼き方，テクニックやコツなどを，実際の調理風景の写真を交えながら詳細に説明している．これらの料理教示本を参照した理由を以下に挙げる．

- 料理教示本において調理手法が取り上げられている動作表現は料理初心者に教示すべきものだと考えられる．したがって，このような料理教示本から基本動作を収集すれば，アニメーションを生成しユーザに提示することで理解の助けになるような有効な基本動作を効率的に集めることができる．

- 料理教示本は料理を作る上で必要な知識を万遍なく取り上げていると考えられる．つまり，料理教示本に取り上げられている動作表現は料理を作る上で必要となる基本的な知識であり，基本動作として十分妥当であると考えられる．また，３冊の料理教示本を用いたのは基本動作を網羅的に取得するためである..

- 同じ動作表現でも，料理教示本で調理動作が異なる調理方法を示してあるものは，それぞれ別の基本動作として定義した．このように基本動作を分類することでアニメーションを生成する際，アニメーションの表示方法によって基本動作を変更する必要がない．つまり，２つの基本動作について同じアニメーションを生成する場合は同じプランを書き，異なるアニメーションを生成する場合は違うプランを書くことで，アニメーション生成部に依存しない汎用的なものとなり，柔軟な対応を行うことが可能である．

以上のような利点を持つことから，３冊の料理教示本を利用した基本動作の定義を以下のように行った．まず，料理教示本に見出しとして記載されているものを基本動作として収集した．図 4.2 は「スタンダードクッキング料理の基本」[21] の見出し「とる」の一部分である．

この料理教示本では説明が入れ子構造によって構成されている．まず,「とる」「もどす」など代表的な調理動作を大見出しとして分類している．そして，大見出しの動作は,「ひげ根をとる」のような動作の対象となる材料の部分によって中見出しに分けられる．さらに中見出しの中には「さやえんどう」「セロリ」などの具体的な対象材料を示す小見出しに分けられる．

基本動作を大見出しとした場合，図 4.2 では「とる」が１つの基本動作となる．しかし，多くの「〜をとる」が１つの基本動作として表されるのは適切ではない．中見出しを基本

●とる 料理をおいしくするための，野菜の下ごしらえです.	
○ひげ根をとる	⋆もやし → ちぎりとる ∗もやしの根本にあたる部分を，つめで折るようにしてとる． のどごしが良くなる.
○筋をとる	⋆さやえんどう → 引いてとる ∗へたを折り，そのまま，さやの脇をスーッと引いて筋を取る． 片方ずつ，両側の筋をとる. ⋆セロリ → 引っぱってとる ∗ピーラーまたは包丁で，切り口から筋を引っかけるように引く.
○わたをとる	⋆かぼちゃ→ えぐるように ∗スプーンでわた (フワフワしている部分) と種を一緒に， えぐるようにしてとる．わたを残さずていねいに.
○　　⋮	⋮

図 4.2: 料理教示本の例

動作とすればある程度細分化されるが，図 4.2 中の例である「筋を取る」は “さやえんどう” の場合と “セロリ” の場合がある．どちらも筋を取るには変わりはないが，動作説明文を見ても判るように手で筋を取るかピーラーを使うという違いがあり，動きも大きく異なる．小見出しを基本動作とした場合は，異なる動きを持つ２つの基本動作として分類される．したがって基本動作として収集する粒度は「小見出し」が適切であると考える．

この他に材料に対して様々な調理手法を紹介する料理教示本 [3] もあったが，このような本においても上記の基準に準じて，できるだけ細分化された調理動作を基本動作として収集した.

基本動作を上記のように定義すると，同じアニメーションで示すことが可能な基本動作がある．例えば「煮る」と「煮詰める」のような動作表現は，アニメーションで示す動作としては，ほぼ同じ動きと考えられる．この場合は，調理動作は同じであるが，表層表現が異なるため別々の基本動作とした.

4.3　料理動作辞書の構築

4.3.1　基本動作の収集

前節て挙げた 2 通りの基本動作の定義のうちに，本研究では 4.1.2 項で説明した，３冊の料理教示本文中にある料理教示部の見出しを基本動作とする定義を採用した．その理由

として，基本動作の定義がアニメーション生成部に依存しないという意味で汎用性を持つこと，また料理教示本から収集した基本動作はユーザにアニメーションを見せる調理動作として有効であることが挙げられる．

３冊の料理教示本から基本動作の収集を行った．複数の料理教示本を使用したため，調理動作と対象となる材料が全く同じ場合があったが，この場合は重複を除いて収集した．基本動作の収集手法の結果，264 個の基本動作を収集した．

収集した基本動作に基づき，料理動作辞書を構築した．表 4.1 は料理教示本から定義した基本動作で構成された料理動作辞書の抜粋である．「基本動作のラベル」と「⟨expression⟩」には，料理教示本における見出しであり，「⟨ingredient_in_book⟩」には調理説明の際に用いられた材料を記述する．また「⟨expression⟩」中の ‘/’ は形態素区切りを意味し，「⟨ingredient_in_book⟩」中の ‘ϕ’ は料理教示本の中で特定の材料が記されていないことを示す．

表 4.1: 定義した基本動作に基づく料理動作辞書（抜粋）

基本動作のラベル	⟨expression⟩	⟨ingredient_in_book⟩
A:三枚ニおろす:1	三枚/に/おろす	アジ
A:二枚ニおろす:1	二枚/に/おろす	アジ
A:熱湯ヲかける:1	熱湯/を/かける	ビーフン, くずきり
A:ソースをからめる:1	ソース/を/からめる	ϕ
A:水気ヲきる:1	水気/を/きる	ほうれんそう
A:水気ヲきる:2	水気/を/きる	白菜
A:水気ヲきる:3	水気/を/きる	レタス
A:水気ヲきる:4	水気/を/きる	レタス
A:油ヲきる:1	油/を/きる	ϕ
A:水ニくぐらせる:1	水/に/くぐらせる	ライスペーパー
A:くりぬく:1	くりぬく	カボチャ
A:こす:1	こす	サツマイモ

表 4.1 中の基本動作 “A:水気ヲきる:3” と “A:水気ヲきる:4” は表層表現と材料も同じではあるが，前者は「布巾を使って水気をきる」，後者は「ざるを重ねて上下に振る」という動作の違いがある．

4.3.2 料理動作辞書評価のための予備実験

4.3.1 項で述べたように基本動作を収集し料理動作辞書のプロトタイプを構築した．そこで，料理動作辞書に記載した基本動作が実際の料理レシピの動作表現をどの程度含むか

を確認するための評価実験を行った．

用意した料理レシピは，4.2.1 項で用いた料理レシピサイト「ボブとアンジーのキッチン」から無作為に取得した 200 レシピを使用した．作業の流れは以下の通りである．

１．レシピ中から動作表現を抽出

200 レシピから作業行程を抜き出し，形態素解析，構文解析を行うことでレシピ中の動作表現の抽出を行う．4.2.1 項と同様に，それぞれの解析には日本語形態素解析システム “JUMAN” [8, 11]，日本語構文解析システム “KNP” [10, 11] を使用した．料理レシピから抽出した “動作表現” とは動詞ならびに「サ変名詞＋する」(サ変動詞) と，それらに係る格ならびに格要素である．例えば，

- 縦/に/切る
- 卵白/は/攪拌/する
- みじん切り/に/する

のような表現を抽出する．

また料理レシピは図 1.1 のようにステップごとに調理過程を示すことが多く，それまでの調理行程を指し示す為に「(2) を入れ，(3) と合わせ...」のような省略表現が現れることがある．この際，レシピ文の番号である (x) が何を指し示すか特定することも同時に行っている．

２．基本動作とレシピ中の抽出動作表現の照合

抽出した料理レシピの動作表現と動作辞書中の基本動作がどの程度対応可能であるかを確認するために，動作表現を適切な基本動作に分類した．分類は人手にて行い，抽出した動作表現や格・格要素の他，レシピの前後の単語も参照した．分類の詳細は以下の通りである．

- (a) 基本動作に含まれる動作表現
  - (a1) 表層の表現が一致するもの
  - (a2) 表層の表現が一致しないもの
- (b) 基本動作に含まれない動作表現
- (c) 解析が誤っているもの
- (d) 分類対象となる動作表現ではないもの

それぞれ以下の基準に沿って抽出した料理レシピの動作表現を分類する．また表 4.2 はそれぞれの分類の例である．

(a) 基本動作に含まれる動作表現

抽出した動作表現が意味する動きが基本動作に一致または類似する場合に分類される．対象が液体か固体か，材料の種類などによっても分類先の基本動作は

異なるために，レシピの前後の文脈から判断することで適切な基本動作に振り分ける．

さらに，抽出した動作表現と分類先の基本動作がどの程度の割合で完全一致するかを調べるために “(a1) 表層の表現が一致するもの” “(a2) 表層の表現が一致しないもの” に分類する．前者 (a1) は基本動作に該当し，かつ辞書に記載されている表層の表現と完全に一致する動作表現，後者 (a2) は基本動作に該当するが，辞書に記載されている表層の表現と完全には一致しない動作表現を指す．この分類によって料理レシピ中の動作表現と基本動作の言語的な表現にどの程度の差があるかを確認することができる．

(b) 基本動作に含まれない動作表現

抽出した動作表現が意味する動きが，どの基本動作にも一致または類似しない場合に分類される．この場合，抽出した動作表現は動作辞書ではカバーできない，いわゆる「未知の動作」となるためにアニメーションを生成することができない．

(c) 解析が誤っているもの

料理レシピを形態素解析器・構文解析器によって解析した際に誤って動詞として解析したため，本来抽出対象ではないが動作表現として抽出された表現がこれに分類される．例として「すり鉢」を「する/鉢」として解析した場合が該当する．

(d) 分類対象となる動作表現ではないもの

抽出した動作表現が分類対象となる動作表現ではないものがこちらに分類される．分類対象にならない動作表現とは，材料の状態や状態変化を示す表現,「合わせ酢をかければ，尚一層おいしくいただけます」のような註釈や感想など，動作表現がアニメーションを必要としないものが対象となる．

以上の分類の中で，アニメーションにて示す必要のある動作表現は「(a) 基本動作に含まれる動作表現」ならびに「(b) 基本動作に含まれない動作表現」である．

以上の分類による結果を表 4.3 に示す.（( ) 内の数値は総数に対する割合，[ ] 内のパーセンテージはアニメーションとして示す必要のある動作表現「(a) + (b)」の数に対する割合を示す.）

料理レシピ 200 個から抽出した動作表現は 3977 であった．この動作表現を上記の通りに手動にて分類した．その結果，264 個の基本動作のうち 145 個の基本動作には料理レシピの動作表現が割り当てられた．割り当てられた基本動作は半数強であり，残り半数は料理レシピの動作表現に対応する基本動作はなかった．しかし，この結果は，料理レシピであまり使われることのない基本動作が定義されたわけではなく，評価に用いた料理レシピの量が不十分であったためと考えられる．

続いて，各分類ごとの数を調べた．(a) 辞書中の基本動作に含まれる動作表現であったものは 2005 であり，全体に対する割合は約半数程度であった．一方で，(b) 基本動作に含

表 4.2: 抽出した動作表現の分類例

分類	例	
	基本動作	抽出動作表現
(a) 基本動作に含まれる動作表現		
(1) 表層の表現が一致するもの	薄切りにする	薄切りにする
	溶く	溶く
	こす	こす
(2) 〃 一致しないもの	薄切りにする	薄切りする
	溶く	のばす
	こす	漉す
	砂出しをする	塩水にひたす
(b) 基本動作以外の動作表現	—	串を打つ
	—	ラップをする
	—	火加減する
	—	生地を伸ばす
(c) 解析が誤っている動作表現	—	干し/椎茸 (誤:干す)
	—	ふり/かけ (誤:ふる・かける)
	—	落とし/蓋 (誤:落とす)
	—	だし/汁 (誤:だす)
(d) 分類対象となる動作表現ではないもの	—	しんなりする
	—	香りが出る
	—	食べる
	—	メレンゲをつくる
	—	火が通る
	—	口が開く

表 4.3: 基本動作の評価実験結果

	辞書中の基本動作数	264	100.0 %
	コーパスに出現した基本動作数	144	53.9 %

a	動作表現数	2005	(50.4 %)	[57.7 %]
a1	基本動作 (表層表現一致)	974	(24.5 %)	[28.0 %]
a2	基本動作 (表層表現不一致)	1031	(25.9 %)	[29.7 %]
b	基本動作以外	1469	(36.9 %)	[42.3 %]
c	解析誤り	180	(4.5 %)	
d	動作表現でないもの	323	(8.1 %)	
	総数	3977	(100.0 %)	

まれない動作表現は約 37%であり，解析誤りや動作表現でないものは合わせて 12%程度あった．また，アニメーションの生成対象となる動作表現に注目すると，約 58%の動作表現は何らかの基本動作に割り当てられる一方で，残りの 42%は基本動作に割り当てることができず，アニメーションが生成できないことがわかった．

予備実験の結果，アニメーションとして生成するべき対象のうち 42.3%は「未知の動作」として分類されてしまい，料理レシピ中に出現する半数近くの動作表現はアニメーションを生成することができないことが判った．したがって，今回構築した料理動作辞書では実際の料理レシピ中に現れる動作表現を十分に包含しているとは言えず，料理動作辞書の網羅性は低い．

4.3.3 基本動作の追加・修正

基本動作の再検討

前項の予備実験から，料理教示本から収集した見出しを基本動作の定義としただけでは，様々な料理レシピ文への対応が不十分ということが判った．したがって，基本動作を追加することで料理動作辞書に存在しない動作が料理レシピに出現する場合を減らすようにする．

先程の「(b) 基本動作に含まれない動作表現」について，どのような動作表現が基本動作として辞書に含まれないのかを調査した．その結果,「加える」「入れる」「切る」「熱する」··· といった一般的な動詞が多いことが判った．これらの動詞は料理レシピに限らず日常生活でも使用する動詞で，料理教示本では教示対象として解説されることは殆どない

と考えられる．したがって，このような動詞は料理動作辞書の基本動作から外れてしまうことが考えられる．しかし，このような一般的な動詞は，料理レシピを構成する上で必要となる動詞であり，また料理教示の面から考えても，このような一般的な動作表現は教示対象しないことが妥当であるとは一概には言えない．したがって，このような一般的な動詞も料理動作辞書の基本動作として考慮する必要性がある．

基本動作の追加

料理動作辞書の基本動作を見直すに当たり，これまでの料理教示本を参考にした基本動作の収集に加え「(b) 基本動作に含まれない動作表現」の中から，料理レシピに高頻度で現れる動詞を基本動作として追加した．これにより，料理教示本に現れることのなかった一般的な動詞も追加され，料理動作辞書が料理レシピ中に出現する動作を網羅的に含むことが期待できる．まず 4.3.2 項の 200 レシピを用いた予備実験中の「(b) 基本動作に含まれない動作表現」の中から追加対象となる出現頻度の高い動作を抽出した．そして出現回数の順に動作表現をソートし，どのような動作表現が高い頻度で現れるかを確認した．出現頻度の高い動作表現を表 4.4 に示す．

表 4.4: 基本動作に含まれない動作表現 (表 4.3(b)) の出現回数 (抜粋)

動作表現	出現回数
加える	287
(〜に) 入れる	170
切る	127
熱する	100
のせる	47
添える	42
並べる	27
敷く	25
飾る	23
ほぐす	18
巻く	18
⋮	⋮

料理レシピから取得した動詞の中から高頻度に出現するものを取り出し追加する手法は 4.2.1 項で述べた手法と類似する．このような手法には前述した問題点（コーパスへの

依存など）があり，このようなコーパスに類似する動詞を基本動作として定義することは本来望ましくはない．しかし追加対象となる動詞は一般的な動詞が多いため，コーパスに依存するような料理用語が多く加わることはないと思われる．

本研究では，(b) に含まれる動作表現を高い頻度から順に確認し，200 レシピ中に 10 回以上出現する動詞までを基本動作として追加することとした．結果，32 の基本動作を追加した．

基本動作の修正

料理教示本とコーパスから定義した基本動作の一部に対し，以下の修正を行った．

基本動作「４～６つ割りにする」の修正

料理教示本にある見出しとして「４～６つ割りニする」がある．これはキャベツの切り方の一つであり，４つ割りと６つ割りで切り方が異なるが１つの項目として説明してある．しかし，この場合は４つか６つかで切り方が異なり，同じ基本動作として登録することは望ましくない．したがって,「４～６つ割りにする」は「４つ割りにする」と「６つ割りにする」という２つの基本動作に分けて登録し直した．

基本動作名の修正

料理レシピの高頻度動作から基本動作を 33 個ほど追加したが，基本動作名は「付ける」「取る」など，料理教示本から定義した基本動作とは異なり，語義が複数あるものも多い．単純に「付ける:1」「取る:2」とした場合，基本動作名を見ただけでは具体的な動作が判らないことが多い．したがって料理レシピの高頻度動作から取得した基本動作に限り，例えば「かける」であれば「火にかける」といったように基本動作名のみ修正を加えた．ただし修正した基本動作の表層表現は修正しない．これは，ラベル名から基本動作がすぐに理解できるように便宜を図ったためである．

以上の修正を適用した結果，料理教示本からの基本動作の収集として 265，料理レシピの高頻度動作として 32，併せて 297 の基本動作を料理動作辞書に記載した．定義した基本動作の内容については付録 A に一覧として付けた．まず料理教示本から定義した基本動作の一覧を付録 A.1.1 に，そして料理レシピ中の高頻度動作から収集した追加基本動作の一覧を付録 A.1.2 に記載した．

4.3.4 基本動作追加後の評価実験

4.3.3 項で構築した料理動作辞書について評価を行う．用意した料理レシピは，先程と同様に料理レシピサイト「ボブとアンジーのキッチン」から取得した 200 レシピを使用した．レシピの内容は先程の予備実験と同じものを用いた．4.3.2 項の実験と異なるのは，表 4.3 の「(b) 基本動作に含まれない動作表現」について，コーパスから新たに追加した基本動作に対応可能である動作表現については (a) に該当するとした点である．その結果

を表 4.5 に示す.

表 4.5: 基本動作追加後の評価実験結果

辞書中の基本動作数	297	100.0 %
コーパスに出現した基本動作数	176	59.3 %

a 動作表現数	3235	(81.3 %)	[100.0 %]
a1 基本動作 (表層表現一致)	2075	(52.2 %)	[59.7 %]
a2 基本動作 (表層表現不一致)	1160	(29.2 %)	[33.4 %]
b 基本動作以外	239	(6.0 %)	[6.9 %]
c 解析誤り	180	(4.5 %)	
d 動作表現でないもの	323	(8.1 %)	
総数	3977	(100.0 %)	

基本動作を料理レシピから追加した結果,「(a) 基本動作に含まれる動作表現」に属するものは 3235 となり，追加前より 1230 増加する結果となった．これは全体の 81.3%，アニメーション生成対象となる動作表現の 93.1%であり，料理レシピの大多数がアニメーションを生成することができるという結果となった．一方,「(b) 基本動作に含まれない動作表現」に属するものは 239（全体の 6.0%，アニメーション生成対象となる動作表現の 6.9%）となり，追加前より大幅に減った.

しかし，4.3.3 項で追加した基本動作は，表 4.5 の実験で使用したものと同じ 200 個の料理レシピから抽出した動作表現である．したがって「(a) 基本動作に含まれる動作表現」が増加することは自明であり，この予備実験から料理動作辞書が料理レシピ中に出現する動作表現を網羅的に含むとは言えない．したがって，新たに 100 の料理レシピを用意し，再度同様の実験を行った．その結果を結果を表 4.6 に示す.

実験結果から，料理動作辞書中の基本動作のうち，料理レシピに出現した基本動作は 135 であった．そのうち，料理教示本から定義した基本動作では 106，料理レシピから追加した基本動作では 29 であった．特に料理教示本から定義した基本動作の出現数が少ないが，これは実験に用いた料理レシピの量が 100 であり，十分な量ではないことが理由と考えられる.

分類結果については「(a) 基本動作に含まれる動作表現」に属する動作表現の数は 1551 であり，全体の 80.4%であった．一方で,「(b) 基本動作に含まれない動作表現」に属する動作表現の数は 124 となり，表 4.5 に示した実験結果とほぼ同様の結果が確認できた．アニメーション生成対象となる「(a)+(b)」について見ても，(a) に属すアニメーション生成

表 4.6: 基本動作追加後の評価実験結果 (オープンテスト)

	辞書中の基本動作数	297	100.0 %
	コーパスに出現した基本動作数	135	45.5 %

a	動作表現数	1551	(80.4 %)	[100.0 %]
a1	基本動作 (表層表現一致)	1088	(56.4 %)	[65.0 %]
a2	基本動作 (表層表現不一致)	463	(24.0 %)	[27.6 %]
b	基本動作以外	124	(6.4 %)	[7.5 %]
c	解析誤り	91	(4.7 %)	
d	動作表現でないもの	163	(8.5 %)	
	総数	1929	(100.0 %)	

可能な動作表現は 92.6%となり，また未知の動作となる (b) の割合は 7.5%であった．したがって，料理レシピに出現する動作表現の大部分は今回構築した料理動作辞書によって対応可能であることがわかった．

4.3.5 基本動作の属性の記述

基本動作を料理教示本，ならびに料理レシピから 297 個収集した．収集したこれらの基本動作について属性を記述する．ここでは以下の 3 つのタグについて記述し，その記述方法についてそれぞれ説明する．

⟨**expression**⟩

⟨expression⟩ タグには，3 冊の料理教示本から定義した基本動作の場合，小見出しをそのまま表層表現として辞書に記載した．また，新たに料理レシピによるコーパスから追加した基本動作の表層表現は，動詞の基本形を辞書に記載した．

⟨**ingredient_in_book**⟩

⟨ingredient_in_book⟩ タグには，料理教示本から基本動作を定義した場合，説明に用いられた材料を記述する．また，同じ動作に対して複数の材料が説明されていれば「キャベツ#キャベツ , レタス#レタス」のように ‘,’ で区切ることで複数の材料を記述した．一方，コーパスから基本動作を追加した場合，その基本動作には材料名は記述しない．

⟨**source**⟩

⟨source⟩ タグには，料理教示本または料理レシピのどちらから基本動作を定義したか判るように，料理教示本からであれば “book” を，料理レシピからであれば “corpus” を記述した．

この他に ⟨paraphrasing⟩ タグと ⟨plan⟩ タグついても記述した．⟨paraphrasing⟩ タグの記述は 5 章にて，⟨plan⟩ タグの記述については 6 章にて詳しく述べる．

第5章　照合部の構築

「照合部」は，料理レシピの動作表現が与えられた際に，その動作表現と等価な基本動作を料理動作辞書から探索するモジュールである．基本動作が決定まれば，アニメーション生成部によって基本動作にある動作プランに基づいてアニメーションを生成することができる．したがって，動作辞書との照合部は動作表現とアニメーションを結びつける上で重要な部分である．本章では，レシピからの入力動作表現とアニメーションを結びつける「照合部」について述べる．

5.1　照合部構築のための料理レシピの分析

5.1.1　概要

照合部は，レシピからの入力動作表現と料理動作辞書中にある 297 全ての基本動作の表層表現，具体的には ⟨expression⟩ タグに格納されている要素と一致するかどうかを調べる．そして，表層表現と一致した場合，その表層表現を持つ基本動作が選択される．選択された基本動作の動作プランが，アニメーション生成部に渡され，アニメーションが生成される．

しかし，料理レシピの入力動作表現が，基本動作の表層表現と必ずしも一致しているとは限らない．表層が一致せず照合が取れない場合は，基本動作を選び出すことができないため，アニメーションが生成可能な動作表現であるにも関わらず，アニメーションが生成できない可能性がある．したがって，このような表層表現が異なる照合であっても柔軟に対応し，適切な基本動作を選択できるように照合部を工夫する必要がある．また一方で，単純な照合ではアニメーション生成候補となる基本動作が複数取得される場合もある．例えば,「かける」がレシピ中の動作表現として入力された際に,「熱湯 をかける」,「火 にかける」など複数の基本動作の表層表現と一致するが，この 2 つの基本動作の動きは大きく異なる．この場合は基本動作が一意に決まらないため，適切なアニメーションを生成することができない．このように，複数の基本動作の表層表現と一致してしまい，アニメーション生成のための基本動作を 1 つに絞り込むことができない問題にも対応する必要がある．

以上の問題に対応可能な照合部を構築するために，まず，料理レシピの動作表現と動作辞書中の表層表現にはどのような違いがあり，その違いに対してどのような対応策が考えられるか調査した．

5.1.2 辞書中の表層表現と一致しない動作表現

前章の表 4.3 は，料理レシピからコーパスに頻出する動詞を基本動作として追加する前の料理動作辞書に対する評価である．この中で「(a) 基本動作に含まれる動作表現」に含まれる動作表現は 2005 個であった．この 2005 の動作表現について辞書中の基本動作の表層表現と比較し,「(a1) 表層表現が一致するもの」と「(a2) 表層表現が一致しないもの」に細分化した．その結果，2002 個の動作表現のうち 1031 個，つまり約半数の動作表現が基本動作の表層表現とは一致しない．これら (a2) に含まれる動作表現は，単純な比較で照合をした場合は基本動作にマッチせず，その結果，未知の動作として取り扱われてしまう．したがって，照合部にはある程度柔軟な照合が求められる．柔軟な照合を行うために，(a2) に含まれる 1031 個の動作表現について調査を行った．そして，レシピ中の動作表現と料理動作中にある基本動作の表層表現との差異を幾つかのパターンに分類し，対応策について検討を行った．詳細を以下に述べる．項目の見出しの右側に記載した数字と割合は，左側が該当する動作表現の数，右側が表 4.3 中の (a2) に含まれる動作表現の総数に対する割合を表す．

１．異表記による差異 (145 ; 14%)

料理レシピ中において同じ動きを示す動作表現であっても，書き手によって平仮名・片仮名・漢字，また数字を全角文字や半角文字で表したりするなど，表記に差がある場合がある．以下に例を示す．(下記例での ‘/’ は形態素区切りを表す．また $\Longleftrightarrow$ の左側は料理レシピにおける動作表現，右側は料理動作辞書の基本動作の表層表現である．以下も同様である.)

ex.(A): 漉す $\Longleftrightarrow$ こす

ex.(B): 水気/を/きる $\Longleftrightarrow$ 水気/を/切る

平仮名・片仮名・漢字の表記による差の場合，表記での照合ではなく読みでの照合を行う．また，数字が全角文字か半角文字かで異なる場合は，全てを全角にするなどによって対応付けを行う．

２．形態素区切りの差異 (175 ; 14%)

料理レシピ中の動作表現と動作辞書中の表層表現で形態素の区切りの位置が異なる場合がある．

ex.(C): 小口/切り/に/する $\Longleftrightarrow$ 小口切り/に/する

ex.(D): 回し/入れる $\Longleftrightarrow$ 回し入れる

(C) は格要素となる名詞が形態素解析の区切りによって分けられた例である．また，(D) は複合動詞が形態素区切りによって分割された例である．複合動詞が 2 つに分割されると，例えば「回す」「入れる」のように 1 つの動作にもかかわらず 2 つの異なった動作となり，基本動作との照合に失敗する．他にも「割りほぐす」や「混

ぜ合わせる」なとが該当する．

このような形態素区切りの違いは，前後の形態素を連結した上で動作辞書中の表層表現との照合を行うことで対応可能であると考えられる．

３．動詞は一致するが格要素が異なる (168 ; 16%)

料理レシピの入力動作表現と動作辞書の表層表現は一致するが，格要素が異なる場合がある．この場合も完全一致とはならないため対応が取れない．

ex.(E): 唐辛子/を/ふる $\Longleftrightarrow$ 塩/を/ふる

ex.(F): 包丁/を/入れる $\Longleftrightarrow$ 切り込み/を/入れる

(E) の例では「ふる」という動詞は一致するが，格要素が「塩」と「唐辛子」で異なる．塩も唐辛子も調味料であり，ここで指す動きは「調味料をふりかける」ことであり同じ動きを表すと考えられるが，格要素が異なるために同じ動作とは判断が付かず対応ができない．

同様に格要素が異なるために対応が取れない例として (F) の例を挙げる．(F) は「包丁」と「切り込み」であり格要素だけを見ると全く意味が異なる語ではあるが，この場合はどちらとも材料に切れ目を入れる動作を表すために対応させる必要がある．

(E) の場合は，日本語語彙体系などのシソーラスを用い，格要素の類似度が高ければ２つの材料が類似するものである，つまり同じアニメーションで表すことができると考えられる．(F) の例では材料や調味料が異なるわけではなく，一種の言い換えとみなすことができる．このような場合は,「切り込みを入れる」の等価表現として「包丁を入れる」があることを知識として持つことで対応できると考えられる．

４．動詞が異なる (531 ; 52%)

辞書中の基本動作に対応する料理レシピの動作表現であるが，辞書の表層表現とは異なる動詞で表されているために一致しないものも多くあった．

ex.(G): 背わた/を/除く $\Longleftrightarrow$ 背わた/を/取る

ex.(H): 皮/を/引く $\Longleftrightarrow$ 皮/を/取る

ex.(I): ソテー/する $\Longleftrightarrow$ 炒める

ex.(J): 砂出し/を/する $\Longleftrightarrow$ 塩水/に/浸す

(G) の例では格要素は同じで動詞が異なる．この場合は,「取る」と「除く」の２つの動詞間の類似度から判定を行うことが考えられる．

一方，(H) の例も格要素は同じで動詞が異なる点では (G) の例と同じだが,「引く」と「取る」の動詞間の類似度は必ずしも高いとは言えない．したがって，動詞間の類似度の他に「引く」は「取る」と等価であると予め知識として持つことで対応可能である．(I)，(J) の例も動詞が異なり，動詞間の類似度の比較では対応できない．

したがって先程と同様に等価表現として登録しておくことで照合が可能となる．

これらのような複雑な言い換え表現については，言い換えのパターンを用意し，標準形のような表現に変換し照合を行うことで，複雑な照合を実現できる．分析で用いたデータから発見したいくつかの言い換えパターンを以下に挙げる．

パターン 1:「〜に切る」 $\Longleftrightarrow$ 「〜切りにする」

ex.(K): くし形/に/切る $\Longleftrightarrow$ くし形切り/に/する

ex.(L): 短冊/に/切る $\Longleftrightarrow$ 短冊切り/に/する

(K)，(L) の例では「〜に切る」と「〜切りにする」の 2 つの表現があり，どちらも同等の動作表現の見なせる場合．この表現はレシピに特化した同義表現といえる．

パターン 2:「サ変名詞＋（ニ・ヲ）＋する」 $\Longleftrightarrow$ 「サ変名詞＋する」

ex.(M): 油抜き/する $\Longleftrightarrow$ 油抜き/を/する

ex.(N): 酒蒸し/に/する $\Longleftrightarrow$ 酒蒸し/する

(M) の例では “ヲ格” が入力側になく，また (N) の例では逆に辞書側に “ニ格” がない．このような「サ変名詞＋（ニ・ヲ）＋する」と「サ変名詞＋する」は同義であると見なせる場合．

パターン 3:「(—P）V_1（に）する」 $\Longleftrightarrow$ 「V」 （V_1:V の連用形　P:接頭辞）

ex.(O): 素揚げ/する $\Longleftrightarrow$ 揚げる

ex.(P): 固ゆで/に/する $\Longleftrightarrow$ ゆでる

(O)，(P) の例では「動詞連用形＋する」または「動詞連用形＋に＋する」と動詞が同じ動作を表す場合．動詞連用形が前の語と結合し複合名詞を構成することが多い．

以上を踏まえて，レシピの入力動作表現と動作辞書中における基本動作の表層表現との不一致について対応を行う．

5.2 照合部の構成

前述で述べた通り，照合部では表層表現の不一致への柔軟な対応が必要となる．したがって，照合部では表層不一致への対応を行い基本動作を探索する「基本動作候補の抽出」，また，複数の基本動作候補が抽出された場合に適切な基本動作を決める「基本動作候補の絞り込み」を行い，適切な基本動作を特定する．それぞれの処理の詳細を以下に説明する．

5.2.1 アニメーション対象候補の抽出

ここでは，料理レシピの動作表現からアニメーション対象候補となる基本動作を抽出することを考える．料理レシピの入力動作表現から適切な基本動作を取り出す際，入力動作表現が基本動作の表層表現に一致していれば簡単な照合により対応ができる．しかし料理レシピ中の動作表現の半数は表層が一致しないため，基本動作候補を抽出するためには工夫が必要となる．その流れについて説明する．

料理レシピに対して形態素解析，構文解析を行い，抽出された格構造で構成される動作表現を入力とする．一方照合先は，基本動作の表層表現であり，基本動作内の ⟨expression⟩ タグが該当する．便宜上，入力となるレシピの動作表現を「入力動作表現」，照合先である料理動作辞書中の基本動作の表層表現を「辞書表層表現」と記述する．入力動作表現が入力されると，辞書中にある全ての辞書表層表現を確認し，双方が一致した場合はアニメーション生成候補として抽出する．辞書動作表現を全て見終わったら，アニメーション生成候補として抽出した基本動作を出力する．入力動作表現から最も適切だと考えられる基本動作を必ず 1 つ探し出す探索手法ではないため，一致しなければ基本動作は取得されず出力はしない．また逆に，表層表現が同じで基本動作が異なるものもあるため，条件が一致すれば複数の基本動作がアニメーション生成候補として取得される可能性もある．したがって，この辞書表層表現との照合は，辞書表層表現に一致することを最優先とする．

5.2.2 アニメーション対象候補が複数ある場合の絞り込み

辞書表層表現と入力動作表現を照合し両者が一致すれば，アニメーションとして表示するべき基本動作を得ることができる．しかしながら，同じ動詞でも語義が異なる場合などは複数の基本動作がアニメーションの生成候補となる．この場合は一意に生成対象が決まらないため，適切なアニメーションを生成することはできない．

4 章にて行った 200 レシピを対象とした評価実験（基本動作追加後）の中で，どの程度の入力動作表現が一意に基本動作を特定できるかを確認した．4 章での評価実験の結果「(a) 基本動作に含まれる動作表現」に属するものは 3235 あり，その中で「(a1) 表層の表現が一致するもの」は 2075 であった．この (a1) に属する動作表現に対して基本動作が 1 つに特定できたものの数を確認した．その結果，(a1) 中で基本動作が 1 つに特定できたものは 1584 で，(a1) に属されるものの 76.3%である．しかし，この結果は (a2) に属するものは含まれておらず，前節のような言い換えパターンなどを用いた柔軟な照合を行うと，基本動作が一意に決まる入力動作表現はさらに少なくなると考えられる．

したがって，このようなアニメーション生成候補が複数の場合を想定し，基本動作を絞り込むことを考える必要がある．具体的には，照合時に適用した照合方法によってスコアに差を付け，アニメーション生成候補の中で一番高いスコアを持つ候補を 1 つ選択することを考える．

5.3 基本動作候補の抽出

5.3.1 抽出手法

基本動作を抽出するための照合手法について述べる．単純な表層表現の一致に加え，5.1.2 項での分析結果から判った表層表現の差異についても考慮し，柔軟な照合を行う．料理レシピからの入力動作表現，辞書からの基本動作の表層表現共に，動詞，格，格要素で構成される格構造である．図 5.1 は基本動作候補抽出の流れ図である．以下，基本動作候補を抽出するパターンについて説明する．

動詞の一致
入力動作表現，辞書表層表現双方の動詞が一致するかチェックする．辞書表層表現が格要素を持つならば，格要素と格の一致も確認する．

読みでの一致
表記での照合が失敗した場合は，読みでの照合を行い一致を取る．例えば，入力動作表現が「水/に/漬ける」，辞書表層表現が「水/に/つける」とあった場合，読みでの比較であれば双方共に「つける」であるため一致が取れる．

形態素の連結による照合 (前後連結)
入力動作表現中の動詞を基準に，前または後ろの形態素について連結を行い，辞書表層表現との照合を行う．例えば，入力動作表現が「かつら/むき/に/する」，辞書表層表現が「かつらむき/に/する」である場合，単純な格構造の比較では「むきにする」と「かつらむきにする」で一致しない．したがって，このような形態素区切りが異なる場合でも形態素を連結することにより対応が可能である．

形態素の連結による照合 (２語前の形態素＋動詞)
入力動作表現中の動詞を基準に，２語前の形態素を連結し，辞書表層表現との照合を行う．例えば，入力動作表現が「酒蒸し/に/する」，辞書表層表現が「酒蒸し/する」である場合での照合が成功する．このように助詞が省略されている場合を考慮した照合である．

動詞のみ一致
辞書表層表現には格要素がある一方で入力動作表現には格要素がない場合，動詞が一致すれば基本動作候補として取得する．これは入力動作表現の格要素が省略されている可能性があるからである．

しかし，上記のような照合を行っても，基本動作候補を抽出できない場合がある．例えば，入力動作表現では「石突きを切り落とす」とある一方で，対応する辞書表層表現は「石突きをとる」であった場合は，上記のような方法では照合が取れない．このような，表現が全く異なる場合については，基本動作毎に辞書表層表現と等価な表現を予め用意し，入力動作表現との照合を行う．

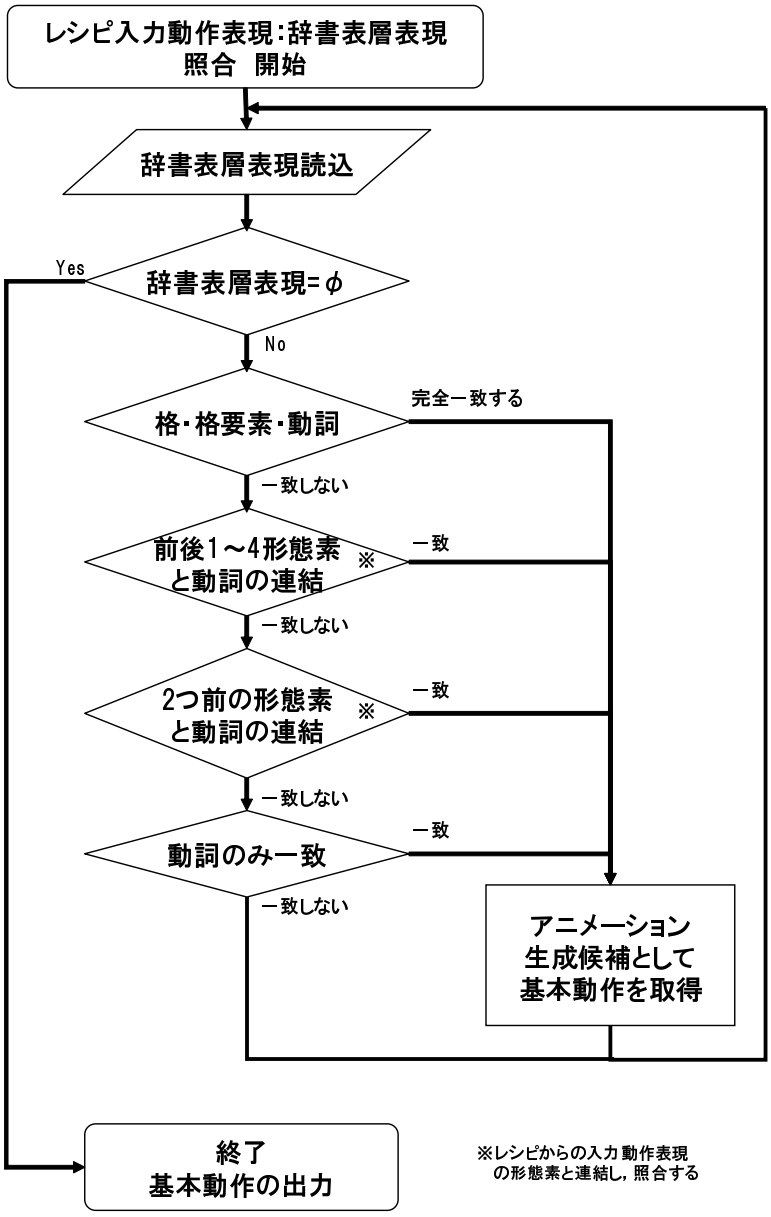


図 5.1: 基本動作候補の抽出

5.3.2 等価表現の収集

表層表現が一致せず，柔軟な照合でも基本動作が抽出できない場合は等価表現を用いて対応を行う．等価表現は，表層表現が異なるために前項の照合では一致が取れないものについて，予め料理動作辞書に「等価な表現」として記述する．辞書表層表現に加え等価表現も入力動作表現の照合に利用することで，様々な表層表現を持つ料理レシピにも柔軟に対応できる．等価表現は，4 章での図 4.1 で説明した ⟨paraphrasing⟩ タグ中に記述される．この等価表現は，辞書表層表現とともに照合対象となる．つまり，等価表現がある基本動作については，１つの基本動作で辞書表層表現に加え，記述されている等価表現についても入力動作表現との照合を行う．

辞書表層表現と等価である「等価表現」の収集方法は次の通りである．まず，4 章で基本動作の追加時に利用した 200 の料理レシピを用いた．これらの料理レシピについて形態素解析，構文解析を行い格構造を抽出し，入力動作表現を得た．この入力動作表現に対して，図 5.1 の基本動作候補抽出手法を利用して，対応する基本動作を決めた．その結果，図 5.1 の抽出手法で照合できなかった入力動作表現がわかる．このような動作表現（基本動作を見つけることができなかった動作表現と，抽出した基本動作が全て誤っている動作表現）を収集し，それぞれ該当する基本動作の等価表現として人手で辞書に加えた．等価表現は，⟨paraphrasing⟩ タグ中に ⟨expression⟩ タグと同じ形式で記述した．137 の基本動作に対して 438 個の等価表現を追加した．

等価表現を追加した動作辞書は，辞書表層表現に加え等価表現も対象とした照合が行われる．したがって，等価表現を加えた後の動作辞書を用いた場合，今回用いた 200 の料理レシピの場合は，全ての入力動作表現に対して何らかの基本動作に対して照合が成功する．

5.4 基本動作候補の絞り込み

柔軟な照合によって表層表現が一致しない場合でも基本動作を抽出することができる．しかし，一方で柔軟に対応するということは照合が甘くなり複数の基本動作を抽出する可能性が増す．アニメーションの生成のためには基本動作を１つに特定する必要があるため，たとえ適切な基本動作が抽出した候補の中にあったとしても，アニメーションを生成することはできない．したがって，照合と同時に適切な基本動作を絞り込む必要がある．本研究では，基本動作候補抽出の際の照合方法に応じてスコアを与えることで，抽出した基本動作の候補にスコアを与えた．基本動作の絞り込みは，以下の基準に基づいて行った．

格要素による絞り込み

入力動作表現と辞書表層表現の照合時に，動詞だけを照合した場合の多くは基本動作の候補が複数抽出される．このような場合，格要素の情報を使用すれば多くの場合，基本動作を絞り込むことができる．例えば動詞「切る」のみで照合を行った場合，出力結果は以下のようになる．

A:一口大ニ切る:1,A:筋ヲ切る:1,A:切る:1,A:水気ヲきる:1,· · ·

“A: · · ·” は抽出された基本動作の候補のラベルである．このように一般的な包丁で「切る」動作の他に,「筋を切る」など動きが異なると考えられる基本動作も候補となる．また，動詞の “読み” も考慮に入れた場合は，ザルなどを使って水気を「きる」動作なども候補として抽出される．このように動詞だけで照合を行った場合は，基本動作の候補が見つかる可能性は高いが，候補を１つに特定できる可能性は低くなる．したがって，動詞だけではなく格要素の照合をチェックすることで候補を１つに特定する可能性が上がる．

前後の形態素を連結することによる絞り込み

基本動作の表層表現が，別の基本動作の辞書表層表現の一部分に含まれることがある．例えばレシピ中に「〜は斜めせん切りにして，〜」という文があった場合を例に挙げる．基本動作には「斜めせん切りにする」と「せん切りにする」があり，入力動作表現の格構造は「せん切り/に/する」であるため，抽出できる基本動作は「せん切りにする」である．しかし，レシピには「斜めせん切りにして」とあり，この抽出は誤りである．このような場合は，前後の形態素を連結することで照合を行うが，単純に形態素を連結して一致したものを候補としただけでは,「斜めせん切りにする」「せん切りにする」の両方共に候補として抽出されてしまい，基本動作は一意には決まらない．したがって，照合の際に形態素を連結した数によってスコアを与え，基本動作の絞り込みを行う．具体的には，連結した形態素の数が少ない場合に比べ，より多く形態素を連結し一致した基本動作に対して高いスコアを与える．このようにスコア付けを行うことで，上記の例では「斜めせん切りにする」が適切に導き出される．

以上の絞り込みの基準を基に，図 5.1 について基本動作候補の絞り込みのためのスコア付けの処理を加えた照合部を図 5.2 に示す．レシピからの１つの入力動作表現に対して，全ての辞書表層表現と等価表現について照合を行う．照合に成功すれば，照合の方法によってスコアを与える．そして，全ての基本動作の探索が終わると，照合に成功した候補のうち，最もスコアが高い基本動作をアニメーション生成対象として出力する．この際，最も高いスコアを持つ基本動作が複数あってもこれ以上の絞り込みは行わず，それらを全て出力する．逆に，どの基本動作においても照合に失敗した場合は，基本動作候補が存在しないことを意味する “(none)” の文字が出力される．また，照合の際に辞書表層表現と等価表現のどちらの表現に一致しても与えられるスコアは同じである．以下，図 5.2 のスコア付けの流れを説明する．図中のスコアは照合方法に対するそれぞれのスコアの値を表す.

１．動詞ならびにその格，格要素が完全に一致する場合

入力動作表現と辞書表層表現または等価表現が，動詞（表記・読み）が完全一致し，かつ格と格要素も一致した場合は最も高いスコアが与えられる．

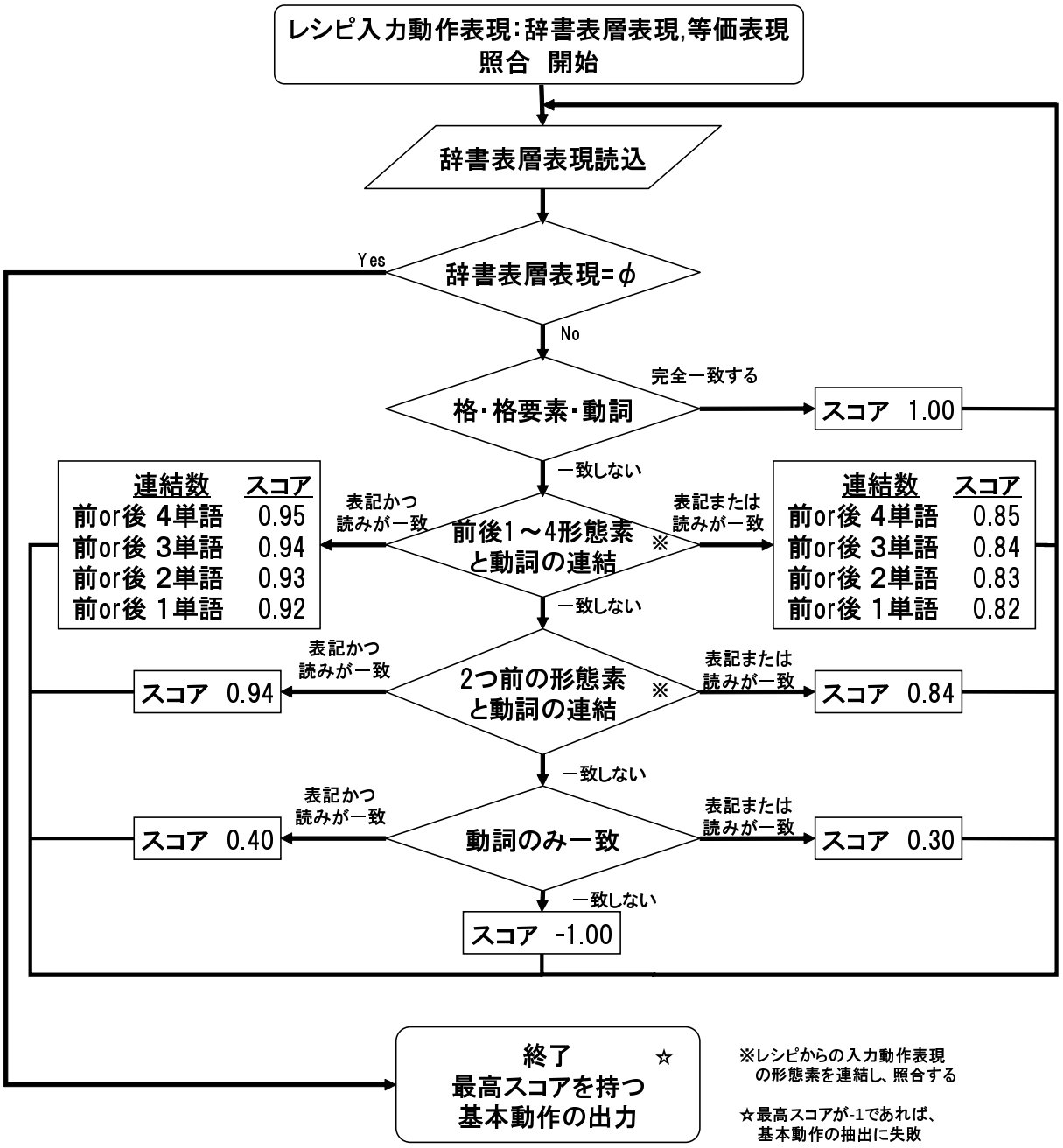

レシピ入力動作表現:辞書表層表現,等価表現
照合 開始
辞書表層表現読込
Yes
辞書表層表現=φ
No
完全一致する
格・格要素・動詞
スコア 1.00
一致しない
連結数 スコア
前or後 4単語 0.95
前or後 3単語 0.94
前or後 2単語 0.93
前or後 1単語 0.92
表記かつ
読みが一致
前後1～4形態素
と動詞の連結
※
表記または
読みが一致
連結数 スコア
前or後 4単語 0.85
前or後 3単語 0.84
前or後 2単語 0.83
前or後 1単語 0.82
一致しない
表記かつ
読みが一致
スコア 0.94
2つ前の形態素
と動詞の連結
※
表記または
読みが一致
スコア 0.84
一致しない
表記かつ
読みが一致
スコア 0.40
動詞のみ一致
表記または
読みが一致
スコア 0.30
一致しない
スコア -1.00
終了 ☆
最高スコアを持つ
基本動作の出力
※レシピからの入力動作表現
の形態素を連結し、照合する
☆最高スコアが-1であれば、
基本動作の抽出に失敗

図 5.2: 照合部

２．前後１～４形態素と動詞の連結により一致する場合

レシピの入力動作表現の前後の形態素を連結し辞書表層表現と照合を行う．本研究では，入力動作表現中の動詞を基準に前または後ろについて最大４つの形態素を連結する．また，表記または読みのどちらか一方で一致した場合は信頼性が低いため，両方とも一致した場合に比べてスコアを下げた．

３．２つ前の形態素と動詞の連結により一致する場合

「酒蒸し/に/する $\Longleftrightarrow$ 酒蒸し/する」のような場合にも対応を行うため，単純な前後の単語の連結だけではなく，２つ前の形態素と動詞を連結し照合を行う．この場合も，表記または読みのどちらか一方で一致した場合は，両方とも一致した場合に比べてスコアを下げた．

４．動詞のみ一致する場合

前後の連結を行っても辞書との照合が取れない場合は，格要素は確認せず動詞のみで照合を行う．格要素などの情報は見ないために，一致したとしても適切な候補であるかは疑わしいが，基本動作を全く探索できない場合を防ぐため，動詞だけの照合も行った．この場合も表記かつ読みが一致した場合が，表記又は読みの一致よりもスコアは高い．

現状では，スコアの値は照合条件に対する順位付けを表しているに過ぎないが，今後，単純な照合だけではなく複雑な照合を行った際にスコアを計算することにより，さらに柔軟かつ効果的な照合が行えると考えている．

以上により基本動作候補の絞り込みを考慮した照合部を構築した．

5.5　照合部評価の予備実験

構築した照合部について評価を行うための予備実験を行った．入力として 4.3.4 項で行った評価実験（表 4.6）で用いた料理レシピを用いた．この 100 レシピの入力動作表現が照合部によって自動的にどの程度の基本動作を特定することができるかを確認した．その結果を表 5.1 に示す．

まず表 5.1 の各行について説明する．「(a) 成功 (1 つ抽出)」は，適切な基本動作のみ得られたことを表す．このような動作表現はアニメーションを生成することができる．「(b) 成功 (複数抽出)」は適切な基本動作を含む複数の基本動作が得られたことを表す．「(c) 失敗」は適切な基本動作の選択に失敗したことを示す．「成功 (a)+(b)」は適切な基本動作を抽出できた動作表現の数を示す．次に表 5.1 の各列について説明する．「(1) 単純な照合」は，5.3 節で述べた柔軟な照合は行わず，表層表現の一致のみを調べる単純な照合を行い，基本動作候補をどの程度取得できるかを確かめた結果である．「(2) 絞り込み前」は 5.3 節で述べた柔軟な照合を行い 5.4 節の絞り込みは行わない場合の結果である．そして「(3) 絞り込み後」はこれまで述べた柔軟な照合，絞り込みを全て行った場合で，本研究におけ

表 5.1: 照合部の評価

	(1) 単純な照合		柔軟な照合 (2) 絞り込み前		柔軟な照合 (3) 絞り込み後	
	動作表現数		動作表現数		動作表現数	
(a) 成功 (1 つ抽出)	644	41.5%	650	41.9%	975	62.9%
(b) 成功 (複数抽出)	593	38.2%	760	49.0%	369	23.8%
(c) 失敗	314	20.2%	141	9.1%	207	13.3%
成功 (a)+(b)	1237	79.8%	1410	90.9%	1344	86.7%

総数 1551 (100.0%)

'〜%' は総数に対する割合

る最終的な実装手法である．また動作表現の総数は 1551，各列左側は動作表現数，各列右側の数値は総数に対する該当する動作表現の割合を示す．

表 5.1 から，本研究で目指す照合部である (3) では約 63%の動作表現が「(a) 成功 (1 つ抽出)」に属される．つまり構築した照合部では料理レシピ中の約 6 割の動作表現をアニメーションにて示すことができることが判った．また「(b) 成功 (複数抽出)」は約 24%で，(a)+(b) で約 87%の動作表現は適切な基本動作を抽出できた．

次に，5.3 節と 5.4 節で述べた手法について，それぞれの評価を行う．5.3 節で柔軟な照合を目指した抽出手法について評価をするために (1) と (2) を比較した．「(a) 成功 (1 つ抽出)」は殆ど変化がなかったが，「(b) 成功 (複数抽出)」は (1) に比べ (2) では 10.8%増加した．また (a)+(b) は約 91%と高い割合であり，取得できた基本動作候補中にはかなりの割合で正解となる基本動作が含まれることが判る．これは，5.3 節で目指した表層表現の一致しない動作表現への柔軟な対応という点で効果があったと認められる．

5.4 節では複数の基本動作が抽出された際になるべく 1 つの基本動作に絞り込むことを目指した．その評価として (2) と (3) を比較する．(a)+(b) は絞り込みを行った影響で約 87%に低下し，「(c) 失敗」が 66 増えた．一方で，「(b) 成功 (複数抽出)」に含まれていた動作表現の多くが「(a) 成功 (1 つ抽出)」に移った．つまり，多くの動作表現について，複数の基本動作候補が 1 つに絞り込めたことを意味する．絞り込む前に比べて「(a) 成功 (1 つ抽出)」に該当する動作表現は 325(21%) 増加した．

また，レシピからの入力動作表現との照合に，辞書表層表現に加えて，等価表現も対象とした．したがって，等価表現がどの程度照合部の精度向上に貢献したかを確認するために，等価表現を用いずに，辞書表層表現との照合のみで上記と同様の実験を行った．その結果を表 5.2 に示す．

表 5.2: 照合部の評価 (等価表現との照合は行わない場合)

	(4) 単純な照合		柔軟な照合 (5) 絞り込み前		柔軟な照合 (6) 絞り込み後	
	動作表現数		動作表現数		動作表現数	
(a) 成功 (1 つ抽出)	574	37.0%	590	38.0%	901	58.1%
(b) 成功 (複数抽出)	442	28.5%	653	42.1%	288	18.6%
(c) 失敗	535	34.5%	308	19.9%	362	23.3%
成功 (a)+(b)	1016	65.5%	1243	80.1%	1189	76.7%

総数 1551 (100.0%)

'〜%' は総数に対する割合

表 5.2 の結果と比較すると，等価表現を照合に用いなかった場合は用いた場合と比較して (a)+(b) の割合が全体的に約 10%前後低下した．また，5.3 節と 5.4 節について上記と同様に比較行った場合も，同じような変化を示した．したがって，等価表現を辞書中に追加し照合に用いたことは，基本動作候補の抽出に効果があると判った．

今回構築した照合部の結果（表 5.1(3)）について考察する．「成功 (a)+(b)」となった動作表現は約 87%であった．しかし，そのうち「(b) 成功 (複数抽出)」に該当する約 24%は基本動作を 1 つに絞り込むことができなかった．現在の照合部の構築については「(c) 失敗」に該当する動作表現を減らすことに重点を置いた．しかし，照合部はアニメーションを生成するために入力動作表現に対して適切な 1 つの基本動作を抽出するモジュールである．したがって，その点から評価すると，今回の結果における「(b) 成功 (複数抽出)」に該当する動作表現の量は多く，望ましい結果が得られたとは言えない．したがって今後は入力動作表現から 1 つの基本動作を抽出するための，照合部のさらなる改良が必要となる．また，照合部の本質的な問題として，同じ表層表現を持つが材料が異なる基本動作がある．現状ではこのような場合に材料を考慮して適切な基本動作を絞り込む処理を行っていない．この場合は，例えば材料の類似度から適切な基本動作を推測することが考えられる．また，現在は等価表現は訓練データである 200 の料理レシピから人手で記述したが，人手で記述するには限界があるため，等価表現を自動的に収集する方法も検討する必要性がある．

第6章　アニメーション生成部

照合部による料理動作辞書との照合の結果，レシピ文中の動作表現に対応する基本動作が抽出される．アニメーション生成部は抽出された基本動作を基にアニメーションの生成を行う．アニメーションの生成には 4.1 章の基本動作の仕様で述べた ⟨plan⟩ タグに記述された動作プランを利用する．具体的には，動作プラン内には作業手順（ステップ）が記述されており，各ステップに指定された最小の動作である動作プリミティブとそれに付随するパラメタの値を基に，ステップごとに具体的な動きを生成し，最後にそれらを連結することでアニメーションを生成する．本章では，アニメーション生成部での生成手法について述べる．

6.1　動作プラン

アニメーションを生成する際に，生成部では基本動作中にあるアニメーション生成のための具体的な知識が格納されている動作プランの情報を参考にし，パラメタを決めた上で生成を行う．基本動作に 1:1 に対応付けられた固定のアニメーションを呼び出すのではなく，パラメタによって様々なアニメーションを生成することが可能である．本節では，アニメーション生成のための知識である動作プランについて説明する．動作プランの例を図 6.1 に示す．

6.1.1　動作プランの仕様

動作プランは，大きく分けて ⟨define⟩ タグと ⟨step⟩ タグで構成でされる．⟨define⟩ タグは初期情報を指定するタグであり，図 6.1 では ‘carrot(にんじん)’ が zairyou(材料) の初期情報として格納されている．一方，⟨step⟩ タグは，基本動作が持つ作業の手順を表す．以下に ⟨step⟩ タグとタグ内部について説明する．

⟨step=‘(ステップ番号)’⟩

⟨step⟩ タグは動作の最小単位の１つを表す．⟨step⟩ タグには，動作の最小単位である動作プリミティブと動作プリミティブの具体的な要素が格納されている．複雑な手順を要する基本動作に対しては動作プリミティブを複数記述するときがあり，その場合は順番を表すために (ステップ番号) に作業順序の番号を書く．１つの基本動

```
⟨plan⟩
  ⟨define⟩$zairyou_x=‘carrot’⟨/define⟩
  ⟨step=‘1’⟩
    ⟨action⟩nanamegiri_l⟨/action⟩
    ⟨zairyou⟩$zairyou_x⟨/zairyou⟩
    ⟨size⟩default⟨/size⟩
    ⟨rotation⟩⟨/size⟩
    ⟨count⟩10⟨/count⟩
    ⟨place⟩manaita⟨/place⟩
    ⟨utensils⟩knife⟨/utensils⟩
    ⟨time⟩7⟨/time⟩
  ⟨/step⟩
  ⟨step=‘2’⟩
    ⟨action⟩kiru⟨/action⟩
    ⟨zairyou⟩$zairyou_x⟨/zairyou⟩
    ⟨size⟩thin_board_re⟨/size⟩
    ⟨rotation⟩⟨/size⟩
    ⟨count⟩20⟨/count⟩
    ⟨place⟩manaita⟨/place⟩
    ⟨utensils⟩knife⟨/utensils⟩
    ⟨time⟩10⟨/time⟩
  ⟨/step⟩
⟨/plan⟩
```

図 6.1: 基本動作の動作プラン (基本動作:斜めせん切りにする)

作全体を表すアニメーションを生成するには，各ステップ毎に生成されたアニメーションファイルを連結することで生成できる．

⟨**action**⟩

⟨action⟩ タグは，そのステップの動きを定義する「動作プリミティブ」を記述する．このタグにより指定された動作プリミティブは，該当する動作プリミティブライブラリファイル（以下，ライブラリファイル）を呼び出す．呼び出したライブラリファイルだけでは，アニメーションの生成に必要な情報がないため，以下の情報を利用し補完する．このタグは省略出来ない．

⟨**zairyou**⟩

動作の対象となる材料名を示す．材料名を記述するか，⟨define⟩ タグで予め指定してあればその変数を呼び出すことも可能である．ここで指定された材料は次の ⟨size⟩ タグで大きさを決め，材料画像を呼び出す．このタグは省略出来ない．また，材料画像には調理器具や場所の位置を材料の大きさによって柔軟に変更する必要があるため，予め材料の縦横幅の値を予め記述しておくことで，例えば切る回数のパラメタが変化した場合でも対応出来るようにした．

⟨**size**⟩

⟨size⟩ タグは ⟨zairyou⟩ タグで指定された材料についての大きさを表す．このタグに入る要素は，あらかじめ定義されたサイズ名が入る．例えば，ジャガイモが半分に切られた場合は ‘half’，さらに半分に切られた場合は ‘quart’ を指定することで，ジャガイモの半分，1/4 の画像が呼び出される．サイズ名の定義については 6.1.3 項にて述べる．このタグは省略出来ない．

⟨**rotation**⟩

⟨rotation⟩ タグは回転軸を (x,y,z,radian) で表し，材料の置き方を指定する．例えば (1,1,1,1.57) と記述されていれば (1,1,1) と原点 (0,0,0) を結ぶ線が回転軸となり，材料は軸に対して radian=1.57 ほど回転した状態で画面に表示される．回転を行わない場合はこのタグの値は省略できる．また，１度 ⟨rotation⟩ タグで回転したものは，次のステップで材料とサイズが変わらない限り回転したままの状態を保つ．次のステップの ⟨rotation⟩ タグは，前の ⟨rotation⟩ タグで指定された状態から回転を行う．

⟨**count**⟩

⟨count⟩ タグは動作プリミティブが起こす動作の繰り返し回数を表す．例えば，動作プリミティブが ‘kiru(切る)’ で，⟨count⟩ タグの要素が 10 であった場合は 10 回上下に調理器具が動く．動作１回あたりの時間は，後述するステップ時間を繰り返し回数で割った時間となる，同じステップ時間で繰り返し回数を多くすると非常に素早い動作となる．このタグは省略可能であり，省略した場合は繰り返し回数は 1(繰り返さない) となる．

⟨**place**⟩

⟨place⟩ タグは，作業を行う場所を表す．例えば‘まな板’や‘流し’などが該当する．‘フライパン’などは場所か調理器具の両方の可能性があるが,「フライパンをふる」などのように調理動作に関係しない場合は場所となる．省略は出来ない．

⟨**utensils**⟩

⟨utensils⟩ タグは，調理動作を行う調理器具を表す．例えば‘包丁’や‘菜箸’などが該当する．省略は出来ない．

⟨**time**⟩

⟨time⟩ タグは，１つのステップのアニメーション再生時間を表す．単位は秒である．例えば 5 という要素が入っている場合は１つのステップを行うために与えられた時間は 5 秒である．各ステップにおけるステップ時間の総和が，１つの基本動作に対す時間を表す．省略は出来ない．

現在，料理動作辞書における 297 の基本動作のうち，主に「切る」行為を表す 80 の基本動作に対して動作プランを記述した．今後，全ての基本動作に動作プランを付ける必要がある．

6.1.2 動作プリミティブ

“動作プリミティブ” は 3.2.1 項のとおり，基本動作をアニメーションで表現するために必要な動きの最小単位である．アニメーションと 1:1 の関係を持ち，新しい動作プリミティブを定義した場合は，対応するライブラリファイルも同時に作成する．また，動作プリミティブは異なる動きごとに定義したが,「切る」行為において包丁の角度などが異なる場合は，角度による動作プリミティブの細分化を行った．包丁の角度はパラメタとすることで切る行為を同じ動作プリミティブとすることも考えたが，アニメーション生成に用いるプログラミング言語によって角度をパラメタにできるかどうかは異なること，また料理レシピ中に出現する角度は数種類に限られていることから，本研究では別のプリミティブとして角度ごとに定義を行った．

以下に 80 の動作プランの中で定義した 10 の動作プリミティブについて，それぞれ説明する．

kiru

“kiru” は数多くの基本動作に使用されている．動きは調理器具 (包丁等) を材料へ向けて真下に下ろす．材料の底辺を示す y 軸座標に辿り着いた後，そのまま真上に上げる．

kireme

“kireme” は「ぶつ切りニする (長ネギ)」「切り込みヲ入れる (砂肝)」といった基本

動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) の先端を少し上げたまま材料の一部分を切る動きを表す.

nanamegiri_l

“nanamegiri_l” は「せん切りニする (さやえんどう)」「６つ割りニする (キャベツ)」といった基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) の左に少し傾けた状態で，“kiru” と同じ動きを行う.

nanamegiri_r

“nanamegiri_r” は「シャトー切りニする (にんじん)」「６つ割りニする (キャベツ)」といった基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) の右に少し傾けた状態で，“kiru” と同じ動きを行う.

sogigiri

“sogigiri” は「そぎ切りニする (タコ)」「そぎ切りニする (白菜)」といった基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) の刃先を少し上げ寝かし，刃の角度を材料への進入角として材料の底辺を示す y 軸座標まで移動する．そして，材料底辺座標まで辿り着いたら初期座標まで戻す.

suihei

“suihei” は「さいの目切りニする (豆腐)」「やっこ切りニする (豆腐)」といった基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) の刃先を上げ真横に寝かし，作業場所に平行に材料へ向け移動させる動きを示す.

yokogiri

“suihei” は「さいの目切りニする (豆腐)」などの基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) を 90 度左回転し，“kiru” と同じ動きを行うことを示す.

chigiru

“chigiru” は「ザク切りニする (キャベツ)」などの基本動作に使用される動作プリミティブである．調理器具 (包丁等) は使わず人間の手で２つに分割する動きを示す.

turn_quart

“turn_quart” は材料を回転させる際に用いられる動作プリミティブである．材料を 90 度左回転させる動きを表す.

tateru

“tateru” は「シャトー切りニする (にんじん)」「短冊切りにする (セロリ)」といった基本動作に使用される回転を行う動作プリミティブである．材料の長い辺を作業場所に対し垂直に置く動作を表す.

turn_quart，tateru は材料の回転を行う動作プリミティブであり，残りは切る行為についての動作プリミティブである．動作プリミティブ “chigiru” は，人間の手でちぎるという比較的複雑な動きを表す動作プリミティブのため，今回は動作プリミティブ “切る” を代用した．図 6.2 は「斜め薄切りにする (キャベツ)」,「みじん切りにする」,「あられ切りにする」について，基本動作（動作プラン）と動作プリミティブの関係を示した図である．図 6.2 中の矢印横の数字は ⟨step⟩ の番号を表し，この番号順に作業は実行されることを示す．

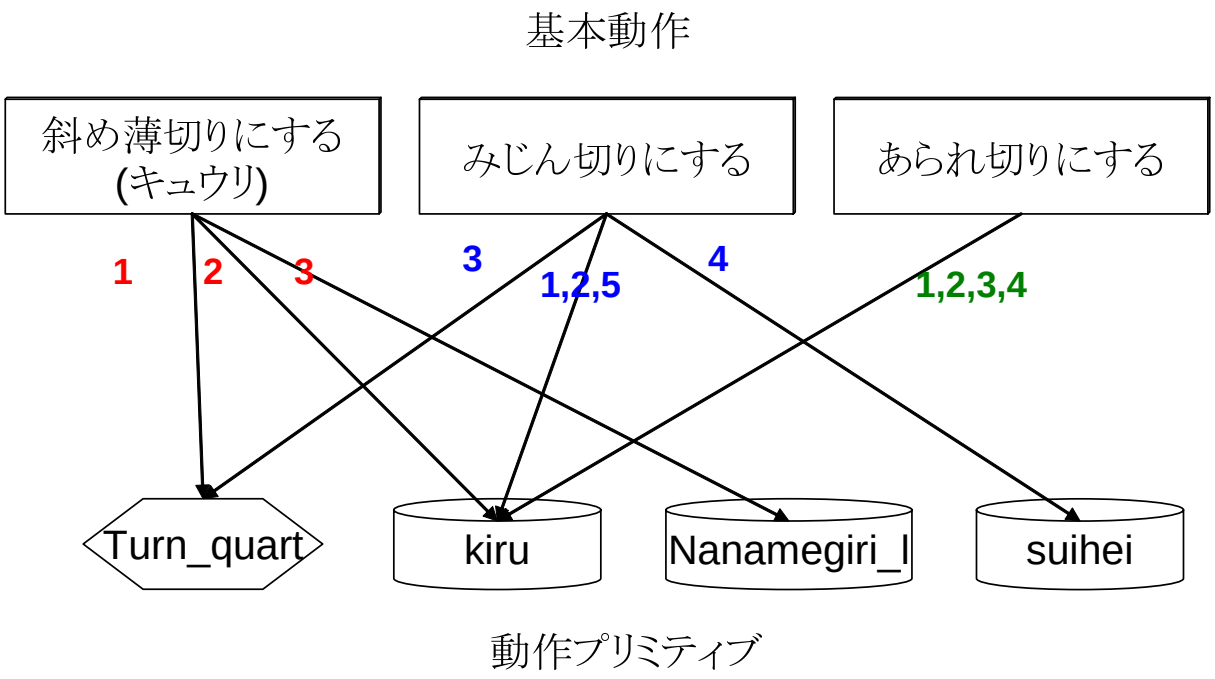


図 6.2: 基本動作と動作プリミティブの関係

呼び出した動作プリミティブに対し，⟨zairyou⟩ タグなどによって情報を補完し，アニメーションを生成する．図 6.2 のように，限られた動作プリミティブから多くの基本動作のアニメーションを生成することが可能である．

6.1.3 材料サイズの抽象化

動作プランが複数のステップで構成されている場合，‘kiru(切る)’ のような動作プリミティブが指定されていると，ステップが進むにつれ材料の形は変わることがある．しかし，材料を切断する前後の状態を連続的にアニメーションで生成するには，材料の完全なボリュームデータを保持する必要がある．植松ら [24, 25, 26] は材料に内部構造を持たせることで材料の変化をアニメーションで表現することを試みている．材料の内部構造を定

義すると，“骨を取る” や “3 枚におろす” などにも柔軟に対応できる．しかし，様々な材料に対しこのようなデータを用意することは困難である．本研究では，材料の変化を連続的に表示することはせず，変化した後のいくつかの材料の形状に対してのみアニメーションを用意することにした．その際，材料の形状を数種類に分類した．これらの形状についてそれぞれ材料データを用意し，必要に応じてアニメーションの生成に用いる．形状は動作プランの ⟨size⟩ タグに記述する．アニメーション生成時には，この形状情報と材料名から呼び出す材料ファイルを決定し出力する．形状の分類を以下に示し，ニンジンによる形状例を図 6.3 で示す．

default 手を加えない材料の大きさ

half 材料の 1/2 の大きさ (材料の長辺に対して垂直に半分に切断したもの)

half_long 材料の 1/2 の大きさ (材料の長辺に対して平行に半分に切断したもの)

quart 材料の 1/4 の大きさ

block_a 材料の 1/8 の大きさ

block_b 材料の 1/16 の大きさ

block_c 材料の 1/32 の大きさ

thin_board_sq 薄い板型

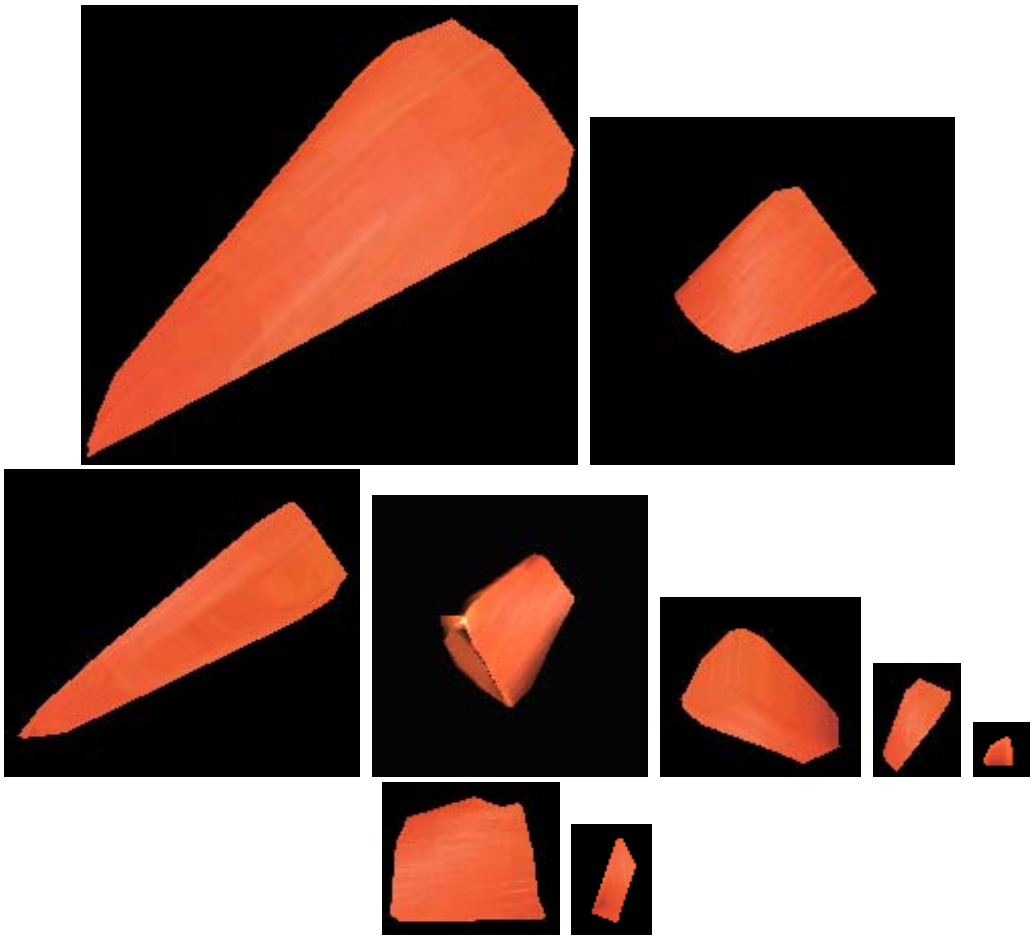
bar 棒状

図 6.3 は，ニンジンの形状として default，half，half_long，quart，block_a，block_b，block_c，thin_board_sq，bar を表したものである．

6.2 アニメーション生成部の構築

料理動作辞書との照合部にて基本動作を決定した後，アニメーション生成部で基本動作の動作プランを基にアニメーションの生成を行う．アニメーション生成部では主に以下の処理を行う．

- 料理動作辞書から該当する基本動作の動作プランを抽出する．
- 動作プリミティブからステップごとに該当ライブラリファイルを呼び出す．
- 動作プリミティブのパラメタをステップごとに取得する．
- 動作プリミティブとパラメタ情報に基づきステップごとのアニメーションを生成する．



上段	default			half	
中段	half_long	quart	bloak_a	block_b	block_c
下段	thin_board_sq			bar	

図 6.3: 形状分類の例 (ニンジン)

- 各ステップを連結し，基本動作全体のアニメーションを生成する．

今回，調理アニメーションを表現するために，設計言語 (3D モデリング，アニメーション) として VRML[1]97(2.0) を利用した．VRML は WWW 上で 3DCG を表現する言語であり，多くのプラットフォームでアニメーションを表示出来る．仕様は比較的単純であるため，本研究のようなアニメーションの自動生成が容易に実現できる．また，WWW 向けの言語であるため，VRML ブラグインが導入されたウェブブラウザがあればアニメーションを閲覧できる．今後 WWW 上の料理レシピからアニメーションを提示する全ての操作を WWW 上で行うことも可能である．本研究では，以上のような理由から VRML を設計言語として選択したが，他の設計言語を利用する場合，照合部から呼び出されるライブラリファイルを変更することで対応できる．つまり，動作プリミティブを連続して全体のアニメーションを生成する枠組みは変更する必要がないため，システムの変更が比較的容易である．

以上よりアニメーション生成部の構築を行った．そして，アニメーション生成部に実際に基本動作を与えることでアニメーションの生成を行った．例として，図 6.4 に基本動作「みじん切りニする (タマネギ)」のアニメーション，図 6.5 に基本動作「４等分ニする (キャベツ)」のアニメーションのスナップショットをそれぞれ示す．また基となった基本動作の辞書記述は図 6.6，図 6.7 に記した．

このアニメーション生成システムはブラウザ上にて閲覧可能である．フレームの右側が生成したアニメーションが表示される．一方，フレームの左側は，ステップごとに呼び出した動作プリミティブの説明が表示されている．この説明により，アニメーションでは判りにくい箇所や手順の流れも理解できる．

上記の基本動作に加え，動作プランを記述した 80 の基本動作についてアニメーションの生成を行い，アニメーションの動作確認を行った．その結果，概ねその基本動作を表すアニメーションを生成することができた．

[1]VRML:Virtual Reality Modeling Language

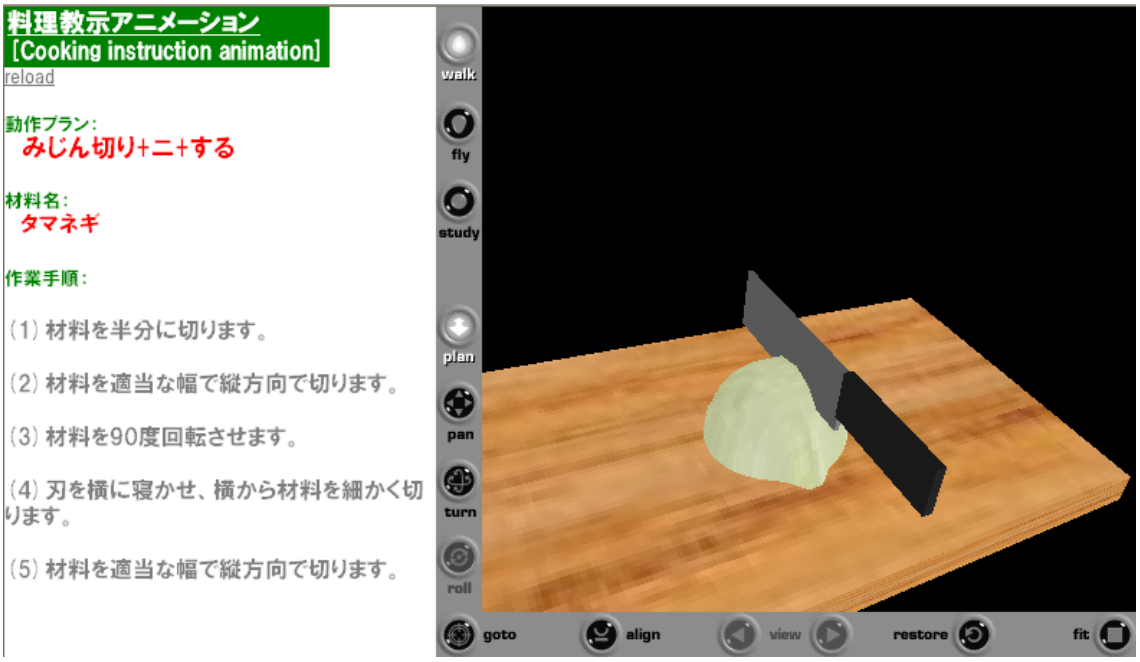


図 6.4: 基本動作「みじん切りニする (タマネギ)」のアニメーション

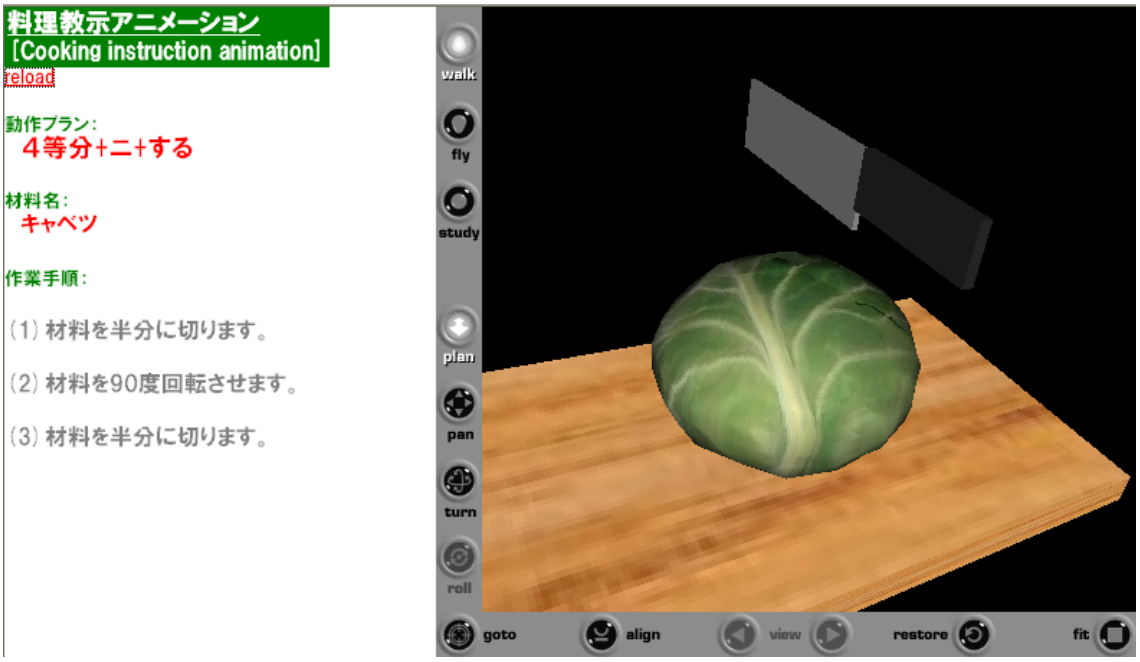


図 6.5: 基本動作「４等分ニする (キャベツ)」のアニメーション

```
A:みじん切りニする:1
<expression> みじん切り#ミジンギリ+に#ニ+する#スル</expression>
<ingredient in book> たまねぎ#タマネギ, にんにく#ニンニク</ingredient in book>
<source>book</source>
<paraphrasing> 刻む#きざむ</paraphrasing>
<plan>
  <define>$zairyou x=‘ onion ’</define>
  <step=‘ 1 ’>
    <action>kiru</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>default</size>
    <rotation></size>
    <count>1</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>2</time>
  </step>
  <step=‘ 2 ’>
    <action>kiru</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation></size>
    <count>10</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>4</time>
  </step>
  <step=‘ 3 ’>
    <action>turn quart</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation></size>
    <place>manaita</place>
    <time>2</time>
  </step>
step=‘ 4 ’>
    <action>suiheigiri</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation>0,1,0,1.57</size>
    <count>5</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>4</time>
  </step>
  <step=‘ 5 ’>
    <action>kiru</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation></size>
    <count>10</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>3</time>
  </step>
</plan>
```

図 6.6: 基本動作「みじん切りニする (タマネギ)」の辞書記述

```
A:４等分ニする:1
<expression> ４等分#ヨントウブン+に#ニ+する#スル</expression>
<ingredient in book> キャベツ#キャベツハム#ハム</ingredient in book>
<source>book</source>
<paraphrasing>(等分#とうぶん, に#に):切る#きる</paraphrasing>
<plan>
  <define>$zairyou x=‘ cabbage ’</define>
  <step=‘ 1 ’>
    <action>kiru</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>default</size>
    <rotation></size>
    <count>1</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>3</time>
  </step>
  <step=‘ 2 ’>
    <action>turn quart</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation></size>
    <place>manaita</place>
    <time>3</time>
  </step>
  <step=‘ 1 ’>
    <action>kiru</action>
    <zairyou>$zairyou x</zairyou>
    <size>half</size>
    <rotation>0,1,0,1.57</size>
    <count>1</count>
    <place>manaita</place>
    <utensils>knife</utensils>
    <time>3</time>
  </step>
</plan>
```

図 6.7: 基本動作「４等分ニする (キャベツ)」の辞書記述

第7章　おわりに

7.1　本研究のまとめ

本研究では料理初心者のレシピの理解支援を目的とし，料理レシピ文の入力動作表現からアニメーションを生成するシステムについて述べた．またも提案システムの構築に必要となる要素技術の実現方法を提案した．以下に本研究についてまとめる．

大規模な料理動作辞書の構築

料理動作辞書は入力されたレシピの動作表現と生成するアニメーションを結びつけるための知識である．多様な動作表現を持つ料理レシピからアニメーションを生成するためには，より多くの基本動作を動作辞書に記述することが必要となるが，レシピに現れ得る全ての動作表現を辞書に記載することは困難である．したがって，基本動作の収集定義について２種類の方法を行った．本研究では，その中でも料理教示本の見出しを利用し基本動作を定義した．その結果，265 の基本動作を得ることができたが，辞書の評価実験を行ったところ，辞書中の基本動作に一致する料理レシピの動作表現の割合は約 50%と芳しくなかった．その原因を分析すると，辞書中の基本動作に一致しなかったレシピの動作表現には料理専門用語とは言えない一般的な動詞が多く含まれていた．したがって，これらの一般的な動詞を基本動作に追加し料理教示本ではカバーできない動作表現にも対応した．この基本動作 32 を加えて最終的な基本動作辞書を構築した．評価実験として新たな料理レシピ 100 でオープンテストを行った．その結果，約 92.6%の動作表現が辞書中のいずれかの基本動作に対応することがわかった．

料理動作辞書との照合部の構築

完成した料理動作辞書と料理レシピの動作表現を照合し，適切な１つの基本動作を抽出する照合部の構築を行った．料理レシピは様々な表層表現を持つために，半数以上は料理動作辞書中の基本動作の表層表現と一致しない．したがって，単純な照合では表層表現の一致を取ることができず，柔軟な照合が求められる．また，レシピの動作表現が辞書側の表層表現と複数一致することがあり，このような場合は適切な基本動作を１つ選択する必要がある．これらの問題を解決するために，まず辞書とレシピの表層表現の差異について分析し，どのような違いがあるかを調べた．その結果，形態素区切りの違いや表記の異なりなどの他に，表層表現が全く異なる場合があった．このように表層表現が全く異なり，前後の形態素の連結などでは対

応できないものは等価表現として辞書に記述した．このような表層表現の不一致の要因の分析結果を基に，柔軟な照合部の構築を行った．その結果，柔軟な照合や絞り込みを行うことで，レシピに現れる 63%の動作表現に対して基本動作を一意に決定し抽出することができた．正解の基本動作を含むが一意に絞りきれなかった入力動作表現も含めると，約 87%の入力動作表現に対して基本動作の抽出に成功した．

アニメーション生成部の構築

照合部で抽出された基本動作を基にアニメーションの生成を行う．アニメーションの生成には，本研究では VRML97 を用いた．アニメーションの具体的な動きは動作プランとして料理動作辞書中に記述される．動作プランは動作プリミティブと呼ばれる最小動作単位で構成され，アニメーションでは動作プリミティブのアニメーションをまず生成し，それらを連結することによって基本動作全体に対するアニメーションの生成を行っている．基本動作 267 のうち「切る」に関連する 80 の基本動作について動作プランを記述した．

7.2 今後の課題

本研究の課題は以下の通りである．

照合部のアルゴリズムの改良

現在の照合部は，単純な形態素の連結によって照合や連結を行っている．しかし，例えば動詞と格・格要素の間に別の句が挿入されている場合には対応することができない．このような問題を解決するために，動詞に対する格要素を確認し，その格要素前後の形態素を連結することで適切に照合や絞り込みが行えると考えられる．また基本動作を絞り込む際に，⟨ingredient_in_book⟩ タグ中にある材料の情報は利用していない．適切な基本動作だけを選択するためには，材料間の類似度を計算し，これを基本動作と入力動作表現のマッチングのスコアに反映させる必要がある．

等価表現の自動的な取得

現在の等価表現は，料理レシピコーパスにおける表層表現と基本動作の表層表現が全く異なる場合に記述している．このような人手で等価表現を収集するアプローチには限界がある．したがって等価表現を自動的に収集する手法を用いることで，多くの等価表現を取り扱えるようになると期待できる．

全ての基本動作に対する動作プランの記述

現在 297 の基本動作のうち，全体の約 27%である 80 の基本動作についてアニメーション生成のための動作プランを記述した．しかし，まだ多くの基本動作には動作プランが記述されていない．非常に精度の良い照合部や動作辞書が完成したとしても，動作プランが記述されていなければアニメーションは生成不可能であるため，早急に動作プランを記述する必要がある．動作プランを記述するということは，動

作プリミティブの量もそれだけ増える可能性がある.「切る」動作に関連する表現以外は，動作プランが 1 つの動作プリミティブで記述できることが多いと考えられる.また，アニメーション生成部と基本動作の定義には依存関係がないため，類似する基本動作に対して同じ動作プランを記述するか，別々の動作プランを記述するかは自由に変更できる.

各モジュールの統合による “調理アニメーション生成システム” の構築

そして，本研究の目標である調理アニメーション生成システムの構築を行う必要がある．各モジュールについては精度の差はあるものの，構築は終了した．残りはこれらのモジュールをシームレスに連結し，料理レシピの動作表現が入力として与えられたとき，それに対する適切なアニメーションを生成するシステムを構築する.本論文では各モジュールの結合までに至っていないが，各モジュールの改善も含めたシステム全体の構築を今後の大きな課題としたい.

謝辞

本論文をまとめるにあたり，終始懇切丁寧なるご指導をいただきました白井清昭助教授に心から感謝致します．ありがとうございました．白井清昭助教授には，貴重なお時間の中からいただいた，セミナーや輪講での貴重なご指導，学会活動における様々なご配慮ならびにお力添え，そして修士論文研究においても毎週のミーティングも含め，多くのご助言やご指導いただきましたこと，深くお礼申し上げます．

また，大学生活・研究など数多くの御指導・ご教授頂きました島津明教授に深くお礼申し上げます．島津明教授には本学情報科学研究科長という本学に関わる重大且つご多忙な状況にも関わらず，仮配属時においてのご指導，また修士論文研究に関する様々なご助言，ご指導戴きましたこと厚く御礼申し上げます．

研究・勉学の心得など数多くのご助言いただきました山田寛康助手，中村誠助手に厚くお礼申し上げます．山田寛康助手には２年間，中村誠助手には１年間の間，講座内の様々なサポート，研究やセミナー等での様々なご指導にらびにご助言，そして勉学以外でも様々な有益なご助言など，様々な面でご助力いただきましたこと，深く感謝いたします．

中間審査，修士論文審査などにおいて貴重なご意見，ご助言いただきました，本学知識工学講座の東条敏教授，鳥澤健太郎助教授，ならびに知識工学講座の皆様に深く感謝いたします．また，情報処理学研修 A(副テーマ) を進めるにあたり様々お世話になりました，情報科学センターの松澤照男教授，ならびに松澤研究室の皆様に厚く御礼申し上げます．

博士後期課程の高野健治氏には仮配属時も含め，私の知識不足による多くの質問について懇切丁寧なるご説明いただいたこと，日常生活に置いても有益な情報をご提供いただいたこと，厚くお礼申し上げます．

また，本学２年間において，様々な面でお世話になりました本講座以下先輩方，後輩の各氏皆様に厚く御礼申し上げます．

平成 15 年度 (敬称略)

堂坂 浩二，玉垣 隆幸，菅井 俊介，星 正人，平野 健児

平成 16 年度 (敬称略)

NGUYEN MINH LE，山田 貴章，LE ANH CUONG，植村 将人，八木 恒和，江尻 暁，北田 安希雄，嶋崎 好文，星出 裕司，山田 大介，小川 賢純，加藤 邦，菊田 篤史，田村 雅樹，松本 匡史

そして，修士論文研究を進めるにあたり様々なご助言，またこの２年間を本学で過ごすにあたり様々な面においてお世話になりました，同期である自然言語処理学講座白井研究室の小川千隼氏，洪陽杓氏，徳江英範氏，神野雅宏氏，島津研究室の加賀安信氏，古田陽氏の各氏皆様に深く感謝ならびにお礼申し上げます．ありがとうございました．

また，入学当初から初めての環境による途惑いや不安などの多くの解消，そして日常生活，勉学あらゆる面について，私を現在まで導いてくれた島津・白井研究室仮配属である，冨田陽明氏，佐々木賢氏，徳永耕亮氏，佐藤浩二氏，松崎寛之氏，松岡理絵氏，大谷

社氏に深く感謝の意を表したいと思います．ありがとうございました．

末筆ではありますが，２年間様々な面でお世話になりました本学関係者皆様に厚く御礼申し上げます．また，すべての皆様のお名前を挙げることはできませんが，本日まで未熟な私に対し様々お力を注いでいただいた方々に対し，心から感謝致します．ありがとうございました．

最後ではありますが，長い間様々な面において支援していただいた，両親ならびに家族，そして友人に感謝の意を表したいと思います．ありがとうございました．

参考文献

[1] 安達 久博: “類推に基づく料理定義文の自動獲得”, 情報処理学会 自然言語処理研究会,Vol.112,No.9,Mar.1996.

[2] 熱田 陽子: “野菜の切り方 BOOK 究極のシンプル野菜全 167 点”, 集英社,Mar.2004.

[3] 藤野 嘉子: “新・料理の基本”, SS コミュニケーションズ,Sep.2003.

[4] 浜田 玲子, 井手 一郎, 坂井 修一, 田中 英彦: “料理テキスト教材における調理手順の構造化”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II),Vol.J85-D-II,No.1,pp.79-89,Jan.2002.

[5] 林 絵梨: “レシピ文における時間的関係構造の自動生成”, 北陸先端科学技術大学院大学 修士論文,Feb.2002.

[6] 林 絵梨, 東条 敏: “料理のレシピ文における時間的関係構造の自動生成”, 言語処理学会第 8 回年次大会,Mar.2002.

[7] 林 絵梨, 吉岡 卓, 東条 敏: “日本語レシピ文における時間的関係構造の自動生成”, 自然言語処理, 言語処理学会論文誌,Vol.10,No.2,pp.3-17,Apr.2003.

[8] 黒橋 禎夫, 河原 大輔: “日本語形態素システム JUMAN version 4.0”, 東京大学大学院情報理工学系研究科,Jul.2003.

[9] R. F. Karlin: “Defining the Semantics of Verbal Modifiers in the Domain of Cooking Tasks”, Proc. 26th Annual Meeting of ACL,pp.61-67,1988.

[10] 黒橋 禎夫: “日本語構文解析システム KNP version 2.0b6”, 京都大学大学院情報学研究科,Jun.1998.

[11] 河原 大輔, 黒橋 禎夫: “京都大学自然言語処理ツール”, 情報処理学会 自然言語処理研究会,SIG-NL-137,Jun.2000.

[12] 三浦 宏一: “動きに基づく料理映像の自動要約”, 東京大学 修士論文,Mar.2003.

[13] 三浦 宏一, 浜田 玲子, 井手 一郎, 坂井 修一, 田中 英彦: “動きに基づく料理映像の自動要約”, 情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会,Vol.44,No.SIG9,pp.21-29,Jul.2003.

[14] Moens,Marc and Mark Steedman: “Temporal Ontology in Natural Language”, in Proceedings of the 25th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics(ACL),pp.1-7,1987.

[15] 西田 悠介, 柴田 知秀, 河原 大輔, 岡本 雅史, 黒橋 禎夫, 西田 豊明: “料理教示発話の構造解析”, 言語処理学会第 9 回年次大会,pp.601-604,Mar.2003.

[16] Shigeru Owada,Frank Nielsen,Makoto Okabe,Takeo Igarashi: “Volumetric Illustration: Designing 3D Models with Internal Textures”, Proceedings of ACM SIGGRAPH(SIGGRAPH2004),pp.322-328,2004.

[17] Tomohide Shibata , Daisuke Kawahara , Masashi Okamoto , Sadao Kurohashi , and Toyoaki Nishida: “Structural Analysis of Instruction Utterances”, In Proceedings of Seventh International Conference Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems(KES2003),pp.1054-1061,Sep.2003.

[18] 柴田 知秀, 立木 将人, 河原 大輔, 岡本 雅史, 黒橋 禎夫, 西田 豊明: “言語情報と映像情報の統合による教示発話の構造解析”, 言語処理学会第 10 回年次大会,Mar.2004.

[19] 柴田知秀, 黒橋禎夫: “料理教示発話の理解と作業構造の自動抽出”, 情報処理学会 自然言語処理研究会,Vol.2004,No.108,SIG-NL-164-20,pp.117-122,Nov.2004.

[20] 椎尾 一郎, 宮澤 寛, 美馬 のゆり: “Kitchen of the Future:調理を記録・公開・再生するキッチン”, 第 12 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2004), 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ,ISSN 1341-870X,No.34,pp.5-8,Dec.2004.

[21] 高城 順子, 検見崎 聡美: “HOMEPAL DELUXE スタンダードクッキング 料理の基本 知恵・技・レシピ”, 小学館,Jul.2004.

[22] 高野 哲郎, 上島 紳一: “Cooking Scenario -レシピの Scenario 化とその応用-”, 情報処理学会 データベースシステム研究会,Vol.2003,No.71,2003-DBS-131-4,pp.25-31,Jul.2003.

[23] 東条 敏: “アロー論理によるアスペクト解析”, 自然言語処理, 言語処理学会論文誌,Vol.7,No.4,pp.3-24,Oct.2000.

[24] 植松 秀樹: “レシピ文入力からの３ＤＣＧ調理画像生成システムの開発”, 北陸先端科学技術大学院大学 修士論文,Feb.2001.

[25] 植松 秀樹, 島津 明, 奥村 学: “レシピ文からの 3DCG 調理画像生成”, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会,Vol.2001,No.33,SIG-SLUD-A102-2,Nov.2001.

[26] Hideki Uematsu,Akira Shimazu,and Manabu Okumura: “Generation of 3D CG Animations from Recipe Sentences”, Proceedings of the sixth Natural Language Proceesing of Pacific Rim Symposium,pp.461-466,Nov.2001.

付 録A　定義した基本動作

A.1　料理教示本から定義した基本動作

料理教示本から定義した基本動作の一覧である。図中の ( ) 内は同じ表層を持つ基本動作であっても，動きが異なった場合の材料や動きの差異を表す。

あえる, あおる, いりつける, いる, アジヲおろす, イカヲおろす,
三枚ニおろす, 二枚ニおろす, 熱湯ヲかける, からめる,
ソースヲからめる, 水気ヲきる (ほうれん草), 水気ヲきる (白菜),
水気ヲきる (レタス，ザルを上下に振る), 水気ヲきる (レタス，布巾でふく),
油ヲきる, 水ニくぐらせる, くりぬく, こす, こそげる, さらす,
しとらせる, すくう, すりおろす (すり鉢), すりおろす (おろし器), すり込む,
すり混ぜる, する, ４つ割りニする, ６つ割りニする, ４等分ニする,
あられ切りニする, いちょう切りニする, かつらむきニする, くし形切りニする (たまねぎ),
くし形切りニする (たけのこ), くし形切りニする (トマト), くし形切りニする (かぶ),
くし形切りニする (じやがいも), こすり洗いヲする, さいの目切りニする,
しょうゆ洗いする, せん切りニする (きゅうり), せん切りニする (かぼちゃ),
せん切りニする (セロリ), せん切りニする (たけのこ), せん切りニする (キャベツ),
せん切りニする (ミョウガ), せん切りニする (ニンジン), せん切りニする (さやえんどう),
せん切りニする (ユズ), せん切りニする (ハム), そぎ切りニする (白菜),
そぎ切りニする (鶏肉もも・むね), そぎ切りニする (タコ), たたきニする,
みじん切りニする (たまねぎ), みじん切りニする (オクラ), やっこ切りニする,
イワシヲ手開きニする, カールねぎニする, サイの目切りニする,
ザク切りニする (キャベツ), ザク切りニする (ほうれん草), シャトー切りニする,
スティックニする, ツイストニする, リボン切りニする, ワッフル切りニする,
塩もみする, 花形切りニする (にんじん), 花形切りニする (レンコン),
角切りニする, 観音開きニする, 菊花切りニする, 厚みヲ半分ニする,
細切りニする (豚肉), 細切りニする (油揚げ), 斜めせん切りニする,
斜め切りニする (オクラ), 斜め切りニする (ソーセージ), 斜め薄切りニする,
手綱結びニする, 小口切りニする (キュウリ), 小口切りニする (長ネギ), 松葉切りニする,
飾り切り込みヲする, 色紙切りニする (キヤベツ), 色紙切りニする (タマネギ),
色紙切りニする (ニンジン), 振り洗いヲする, 針しょうがニする, 酢洗いする,
水切りヲする (ゆでる), 水切りヲする (タオルに包む), 水切りヲする (重しを乗せる),

切り違いニする, 千六本ニする, 霜降りニする (魚), 霜降りニする (鶏肉),
短冊切りニする (セロリ), 短冊切りニする (ニンジン), 短冊切りニする (ハム),
茶せん切りニする, 湯むきする, 湯通しする, 拍子木切りニする, 白髪ネギニする,
薄切りニする (キュウリ), 薄切りニする (カボチャ), 薄切りニする (カリフラワー),
薄切りニする (しいたけ), 半割りニする, 半月切りニする (トマト),
半月切りニする (ゴーヤ), 板ずりする, 棒切りニする, 末広切りニする (ナス),
末広切りニする (キュウリ), 矢羽根切りニする, 油抜きヲする (熱湯をかける),
油抜きヲする (熱湯にくぐらせる), 乱切りニする (キュウリ),
乱切りニする (ダイコン), 立て塩する, 輪切りニする (トマト), 輪切りニする (ナス),
輪切りニする (ピーマン), 輪切りニする (ゴーヤ), 輪切りニする (ニンジン),
輪切りニする (ソーセージ), 輪切りニする (イカ), 六方むきニする, から焼きする,
から入りする, そぼろニする, もみ洗いする, マリネする, 酒蒸しする,
蒸し焼きニする, 直蒸しする, 二度揚げする, 塩、こしょうする, 殻ヲむく,
ぶつ切りニする (アラ), ぶつ切りニする (長ネギ), たたく (アジ), たたく (カツオ),
たたく (肉), ちぎる (レタス), ちぎる (こんにゃく), 塩水ニつける, とろみヲつける,
焼き色ヲつける, 焦げ目ヲつける, 照りヲつける, つけ込む, つぶす,
とぐ, とじる, 汁気ヲとばす, 水分ヲとばす, えらヲとる, ぜいごヲとる,
はかまヲとる, ひげ根ヲとる, わたヲとる, 茅ヲとる, 塩ヲふる, 粉ヲふるう,
筋ヲとる (サヤエンドウ), 筋ヲとる (セロリ), 筋ヲとる (鶏肉のささみ),
脂肪ヲとる, 種ヲとる, 石突きヲとる, 背わたヲとる, 重しヲのせる,
はがす (キャベツ), はがす (サニーレタス), 油ヲひく, 塩水ニひたす,
皮ヲむく (たまねぎ), 皮ヲむく (ダイコン), 皮ヲむく (しょうが),
皮ヲむく (カボチャ), 皮ヲむく (ジャガイモ), 皮ヲむく (にんにく),
皮ヲむく (ギンナン), 皮ヲむく (フキ), アク抜き, ゆでる (豆腐),
ゆでる (ビーフン), ゆでる (大根), ゆでる (固茹で・下茹で),
回し入れる, 油ヲ回す, 開く, 中ヲ開く, 中央カラ開く,
皮ニ穴ヲ開ける, 割りほぐす, たこ糸デ巻く, 混ぜる,
フードプロセッサヲ使う, 射込む, 煮こむ, 煮っころがす,
煮つける, 煮る, 煮含める, 煮詰める, 煮立てる, 筋ヲ取る,
種ヲ取る, 皮ヲ取る, 面ヲ取る, 余分な脂肪ヲ取る, アクヲ取る,
手デ裂く, わたヲ出す, 焼きつける, 焼く, こんがりト焼く,
表面ヲ焼く, 蒸す, 蒸す (米), 食べやすい大きさニ切る, 霧ヲ吹く,
炊き込む, 炊く, 盛る, わかめヲ切る, 一口大ニ切る, 筋ヲ切る (豚肉),
筋ヲ切る (鶏肉), 縦半分ニ切る, 洗う (白菜), 洗う (青菜), 洗う (里芋),
洗う (ブロッコリー), 洗う (米), 摘む, もどす, もみ込む,
砂ヲ吐かせる, 湯ニ入れる, 鹿の子ニ切れ目ヲ入れる,
切り込みヲ入れる (エビ), 切り込みヲ入れる (砂肝), 腹ニ切れ目ヲ入れる,
空気ヲ抜く, 茎ごとニ分ける, 小房ニ分ける, 返す (フライ返し), 返す (トング),

ペーパータオルニ包む, 揚げる, 溶きほぐす, 片栗粉ヲ溶く,
先ヲ落とす, 裏返す, 練る (挽肉), 練る (みそ), 炒める, くぐらせる

A.2　料理レシピ中の高頻度動作から収集した追加基本動作

以下は料理レシピから追加した基本動作の一覧である。図中の ( ) 内は同じ表層を持つ基本動作であっても，動きが異なった場合の材料や動きの差異を表す。

加える, 入れる, 切る, 熱する, 取る, のせる,
添える, 下味ヲ付ける,〜ヲ付ける, 味ヲ整える,
形を整える, 並べる, かける, 敷く, まぶす,
取り出す (〜カラ), 実ヲ取り出す, 飾る, ほぐす, 流す,
巻く, 絞る, のす, 止める (ピン), 止める (火), ふる,
抜く, 調味する, ふく, 丸める, 蓋ヲする, 冷やす